

LDC1312/LDC1314

사양서

정규원

2016-12-2

목차

1. 특징.....	4
2. 응용 예.....	4
3. 설명.....	5
4. 핀 구성 및 기능	6
5. 사양.....	7
5.1. 절대 최대 정격.....	7
5.2. ESD 정격	7
5.3. 권장 운용 조건.....	7
5.4. 열(Thermal) 정보	7
5.5. 전기적 특성 ⁽¹⁾	8
5.6. 스위칭 특성 - I2C.....	9
5.7. 일반적인 특성	10
6. 상세 설명.....	12
6.1. 개요.....	12
6.2. 기능적 블록 다이어그램	12
6.3. 기능 설명	13
6.3.1. 클럭 구조	13
6.3.2. 다중 채널 과 싱글 채널 동작.....	14
6.3.3. 전류 구동 제어 레지스터.....	18
6.3.4. 디바이스 상태 레지스터	20
6.3.5. 입력 디글리치(Deglitch) 필터	21
6.4. 디바이스 기능 모드	21
6.4.1. Startup Mode.....	21
6.4.2. Normal (Conversion) Mode.....	21

6.4.3.	Sleep Mode.....	21
6.4.4.	Shutdown Mode	22
6.4.5.	Reset.....	22
6.5.	프로그래밍	22
6.5.1.	I2C 인터페이스 사양	22
6.6.	레지스터 맵.....	23
6.6.1.	레지스터 표.....	23
6.6.2.	address 0x00, DATA_CH0	24
6.6.3.	address 0x02, DATA_CH1	24
6.6.4.	address 0x04, DATA_CH2 (LDC1314 만)	25
6.6.5.	address 0x06, DATA_CH3(LDC1314 만).....	25
6.6.6.	address 0x08, RCOUNT_CH0.....	25
6.6.7.	address 0x09, RCOUNT_CH1.....	26
6.6.8.	address 0x0A, RCOUNT_CH2 (LDC1314 만)	26
6.6.9.	address 0x0B, RCOUNT_CH3 (LDC1314 만).....	26
6.6.10.	address 0x0C, OFFSET_CH0	26
6.6.11.	address 0x0D, OFFSET_CH1	27
6.6.12.	address 0x0E, OFFSET_CH2 (LDC1314 만).....	27
6.6.13.	address 0x0F, OFFSET_CH3 (LDC1314 만)	27
6.6.14.	address 0x10, SETTLECOUNT_CH0	28
6.6.15.	address 0x11, SETTLECOUNT_CH1	28
6.6.16.	address 0x12, SETTLECOUNT_CH2 (LDC1314 만)	29
6.6.17.	address 0x13, SETTLECOUNT_CH3 (LDC1314 만)	29
6.6.18.	address 0x14, CLOCK_DIVIDERS_CH0	30
6.6.19.	address 0x15, CLOCK_DIVIDERS_CH1	30
6.6.20.	address 0x16, CLOCK_DIVIDERS_CH2 (LDC1314 만)	31

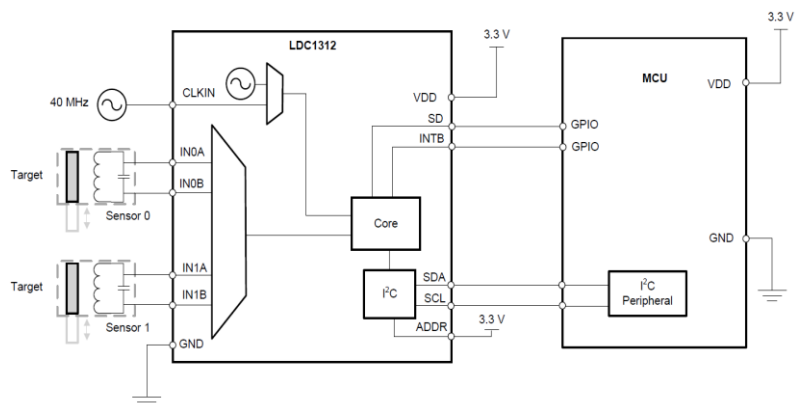
6.6.21.	address 0x17, CLOCK_DIVIDERS_CH3 (LDC1314 만)	31
6.6.22.	address 0x18, STATUS	32
6.6.23.	address 0x19, ERROR_CONFIG	33
6.6.24.	address 0x1A, CONFIG	35
6.6.25.	address 0x1B, MUX_CONFIG	36
6.6.26.	address 0x1C, RESET_DEV	36
6.6.27.	address 0x1E, DRIVE_CURRENT_CH0	37
6.6.28.	address 0x1F, DRIVE_CURRENT_CH1	37
6.6.29.	address 0x20, DRIVE_CURRENT_CH2 (LDC1314 만)	38
6.6.30.	address 0x21, DRIVE_CURRENT_CH3 (LDC1314 만)	38
6.6.31.	address 0x7E, MANUFACTURER_ID	38
6.6.32.	address 0x7F, DIVECD_ID	39
7.	어플리케이션과 구현	40
7.1.	어플리케이션 정보	40
7.1.1.	운용 이론	40
7.2.	일반적인 어플리케이션	43
7.2.1.	설계 요구사항	43
7.2.2.	세부적인 설계 절차	44
7.2.3.	초기 레지스터 설정 값 권장사항	45
7.2.4.	어플리케이션 곡선	46
7.2.5.	인덕터 자체 공진 주파수	47
8.	전원 공급 권장사항	47
9.	레이아웃	48
9.1.	레이아웃 가이드라인	48
9.2.	레이아웃 샘플	49

1. 특징

- 사용하기 쉽고, 구성이 간단
- 하나의 IC 로 최대 4 개의 센서 측정
- 다중 채널 환경과 노화 보상 지원
- 다중 채널 원격 감지는 최소의 시스템 비용을 제공
- Pin-To-Pin 이 가능한 중간 해상도와 고해상도 사양 제공
 - LDC1312/4: 2/4ch 12bit LDC
 - LDC1612/4: 2/4ch 28bit LDC
- 1kHz~10MHz 의 넓은 센서 주파수 범위를 제공
- 소비 전류
 - 35uA Low Power Sleep Mode
 - 200nA Shutdown Mode
- 3.3V 동작
- 내부/외부 참조 클럭 제공
- DC 자기장과 자석에 면역

2. 응용 예

- 가전 제품이나 자동차의 노브
- 선형 및 회전 엔코더
- 가전 제품, 웨어러블 디바이스, 제조 장비, 자동차 등의 버튼
- 제조 및 가전 제품의 키패드
- 가전의 슬라이드 버튼
- 산업 및 자동차 금속탐지
- POS 및 EPOS
- 가전용 유량계

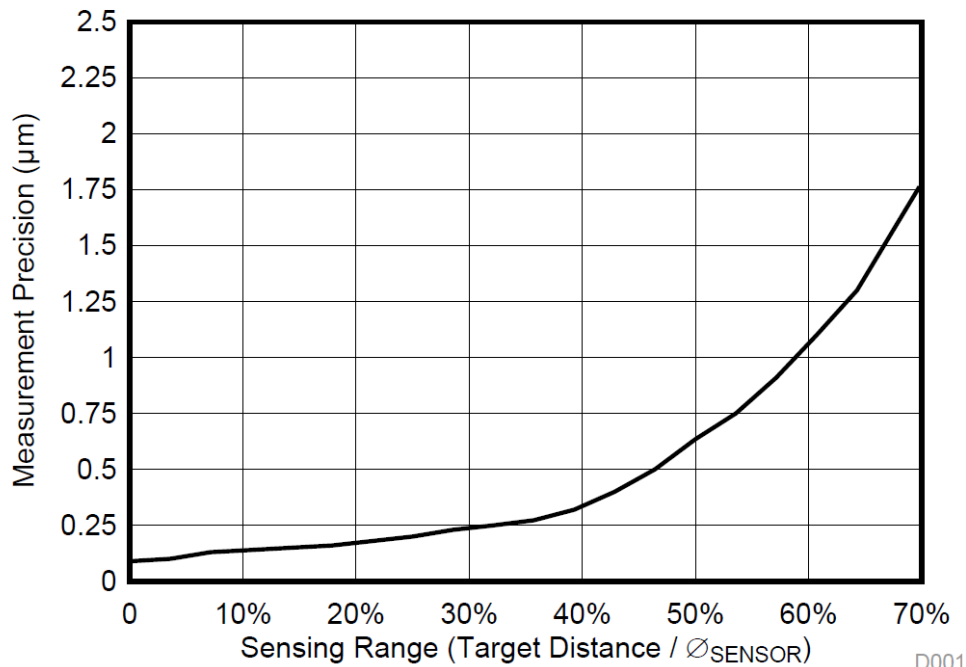


3. 설명

LDC1312 와 LDC1314 는 유도형 감지 솔루션을 위한 2,4 채널 12 비트 인덕턴스 디지털 컨버터입니다. LDC1312 와 LDC1314 는 다중 채널 및 원격 감지 기능을 지원하므로 최소 비용 및 전력으로 유도형 감지 기능의 성능과 안정성의 이점을 가질 수 있습니다. 제품은 사용하기가 쉽고, 감지를 시작하기 위해 1KHz 에서 10MHz 의 주파수가 요구될 뿐입니다. 1kHz~10MHz 의 넓은 주파수 범위는 매우 작은 PCB 코일 사용을 가능하게 하여 감지 솔루션 비용과 크기를 더욱 더 줄여줍니다. LDC1312 와 LDC1314 는 차동 및 비율 측정이 가능한 잘 매칭 된 채널을 제공합니다. 따라서 설계자는 온도, 습도 및 기계적 드리프트 같은 노화 조건과 감지 환경을 보정하기 위해 하나의 채널을 사용할 수 있습니다. 사용 용이성, 저전력 및 낮은 시스템 비용을 감안할 때 이 제품을 사용하면 설계자는 기존의 감지 솔루션을 크게 개선하고 모든 시장, 특히 소비자 및 산업 응용 분야에 새로운 감지 기능을 도입할 수 있습니다. 유도성 감지기는 더 낮은 시스템 비용과 전력으로 다른 경쟁 감지기보다 더 나은 성능, 신뢰성 그리고 유연성을 제공합니다.

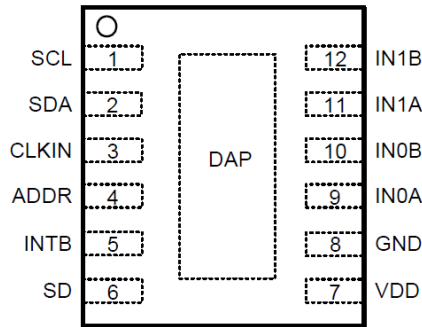
LDC1312 와 LDC1314 는 I2C 인터페이스를 통해 쉽게 구성됩니다. 2 채널 LDC1312 는 WSON-12 패키지로 제공되고, 4 채널 LDC1314 는 WQFN-16 패키지로 제공됩니다.

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE(NOM)
LDC1312	WSON-12	4x4mm
LDC1314	WQFN-16	4x4mm

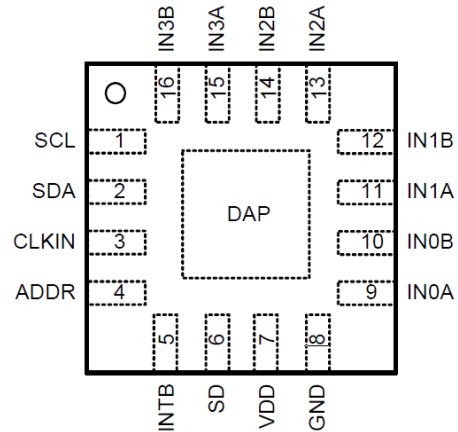


4. 핀 구성 및 기능

Top View



LDC1312 WSON-12



LDC1314 WQFN-16

PIN		유형	설명
이름	번호		
SCL	1	I	I2C 클럭 입력
SDA	2	I/O	I2C 데이터 입출력
CLKIN	3	I	마스터 클럭 입력, GND 에 연결될 경우 내부 오실레이터 선택
ADDR	4	I	I2C 주소 선택 핀: ADDR=L, I2C 주소 = 0x2A, ADDR=H, I2C 주소=0x2B
INTB	5	O	설정 가능한 인터럽트 출력
SD	6	I	셋다운 입력
VDD	7	P	POWER
GND	8	G	GROUND
IN0A	9	A	외부 LC 센서 0 연결
IN0B	10	A	외주 LC 센서 0 연결
IN1A	11	A	외부 LC 센서 1 연결
IN1B	12	A	외주 LC 센서 1 연결
IN2A	13	A	외부 LC 센서 2 연결
IN2B	14	A	외주 LC 센서 2 연결
IN3A	15	A	외부 LC 센서 3 연결
IN3B	16	A	외주 LC 센서 4 연결
DAP	DAP	N/A	GND 와 연결

(1) I = 입력, O= 출력, P=POWER, G=GROUND, A=아날로그

(2) 노출 패드(DAP: Die Attach Pad)와 디바이스의 GND 핀 사이는 내부적으로 전기적인 연결이 되어 있습니다. DAP 는 연결하지 않은 상태로 둘 수 있지만 최상의 성능을 위해서는 DAP 는 디바이스의 GND 핀과 동일한 전위가 되도록 연결해야 합니다. 하지만 DAP 를 디바이스의 기본 GND 로 사용하지 마십시오. 디바이스 GND 핀은 반드시 GND 와 연결되어 있어야 합니다.

5. 사양

5.1. 절대 최대 정격

항목	설명	MIN	MAX	Unit
VDD	공급 전압 범위		5	V
V _i	모든 핀의 전압	-0.3	VDD+0.3	V
I _A	모든 I _{Nx} 핀의 입력 전류	-8	8	mA
I _D	모든 디지털 핀의 입력 전류	5	5	mA
T _j	접합 온도	-55	150	°C
T _{stg}	저장 온도 범위	-65	150	°C

(1) 여기에 명기된 절대 최대 정격을 넘어서는 스트레스는 디바이스에 영구적인 손상을 줄 수 도 있습니다. 이것은 단지 스트레스에 대한 등급으로 권장 작동 조건에 명시된 조건 이외의 조건에서 장치의 동작을 의미하지는 않습니다. 장시간 절대 최대 정격에 노출되면 디바이스의 신뢰성에 영향을 줄 수도 있습니다.

5.2. ESD 정격

		Value	Unit
LDC1312 (WSON-12 패키지)			
V _{ESD} Electrostatic discharge	ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 ⁽¹⁾ 에 따른 인체 모델(HBM – Human Body Model)	±1000	V
	JEDEC 사양 JEDD22-250V C101 ⁽²⁾ 에 따른 충전 장치 모델(CDM – Charged Device Model)	±250	V
LDC1314 (WQFN-16 패키지)			
V _{ESD} Electrostatic discharge	ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 ⁽¹⁾ 에 따른 인체 모델(HBM – Human Body Model)	±1000	V
	JEDEC 사양 JEDD22-250V C101 ⁽²⁾ 에 따른 충전 장치 모델(CDM – Charged Device Model)	±250	V

(1) JEDEC 문서 JEP155 는 500V HBM 이 표준 ESD 제어 프로세스로 안전하게 제조하는 것을 허용합니다.

(2) JEDEC 문서 JEP157 는 250V CDM 이 표준 ESD 제어 프로세스로 안전하게 제조하는 것을 허용합니다.

5.3. 권장 운용 조건

명시하지 않는 한 모든 제한은 TA=25°C, VDD=3.3V 에 대해 보장됩니다.

항목	설명	MIN	TYP	MAX	Unit
VDD	공급 전압	2.7		3.6	V
T _A	운행 온도	-40		125	°C

5.4. 열(Thermal) 정보

열(Thermal) 매트릭스	LDC1312	LDC1314	Unit
	WSON	WQFN	
	12 핀	16 핀	
R _{θJA} Junction-to-ambient 열(thermal) 저항	50	38	°C/W

(1) 기존 열 매트릭스와 새로운 열 매트릭스에 대한 자세한 정보는 IC 패키지 열 매트릭스 어플리케이션 보고서 SPRA953 을 참조하십시오.

5.5. 전기적 특성⁽¹⁾

명시하지 않는 한 모든 제한은 TA=25°C, VDD=3.3V 에 대해 보장됩니다.

PARAMETER	TEST CONDITIONS ⁽²⁾	MIN ⁽³⁾	TYP ⁽⁴⁾	MAX ⁽³⁾	Unit
POWER					
V _{DD}	Supply Voltage	T _A = -40°C ~ +125°C	2.7	3.6	V
I _{DD}	Supply Current (not including sensor current)(5)	CLKIN=10MHz ⁽⁶⁾	2.1		mA
I _{DDSL}	Sleep Mode Supply Current(5)		35	60	uA
I _{SD}	Shutdown Mode Supply Current(5)		0.2	1	uA
SENSOR					
I _{SENSORMAX}	Sensor Maximum Current drive	HIGH_CURRENT_DRV=b0 DRIVE_CURRENT_CHx = 0xF800	1.5		mA
R _P	Sensor RP		1	100	kΩ
I _{HDSENSORMAX}	High current sensor drive mode: Sensor Maximum Current	HIGH_CURRENT_DRV=b1 DRIVE_CURRENT_CH0 = 0xF800 Channel 0 only	6		mA
R _{P_HD_MIN}	Minimum sensor RP		250		Ω
f _{SENSOR}	Sensor Resonance Frequency	T _A = -40°C to +125°C	0.001	10	MHz
V _{SENSORMAX}	Maximum oscillation amplitude (peak)		1.8		V
N _{BITS}	Number of bits	RESET_DEV.OUTPUT_GAIN =b00 RCOUNT ≥ 0x0400		12	bits
f _{CS}	Maximum Channel Sample Rate	single active channel continuous conversion, SCL=400kHz		13.3	kSPS
C _{IN}	Sensor Pin input capacitance		4		pF
MASTER CLOCK					
f _{CLKIN}	External Master Clock Input Frequency (CLKIN)	T _A = -40°C to +125°C	2	40	MHz
CLKIN _{DUTY_MIN}	External Master Clock minimum acceptable duty cycle (CLKIN)		40%		
CLKIN _{DUTY_MAX}	External Master Clock maximum acceptable duty cycle (CLKIN)		60%		
V _{CLKIN_LO}	CLKIN low voltage threshold			0.3*VDD	V
V _{CLKIN_HI}	CLKIN high voltage threshold		0.7*VDD		V
f _{INTCLK}	Internal Master Clock Frequency range		35	43.4	55 MHz
T _{Cf_int_u}	Internal Master Clock Temperature Coefficient mean		-13		ppm /°C
TIMING CHARACTERISTICS					

t_{WAKEUP}	Wake-up Time from SD high-low transition to I2C readback				2	ms
$t_{WD-TIMEOUT}$	Sensor recovery time (after watchdog timeout)			5.2		ms

- (1) 전기적 특성 표의 값들은 단지 지시된 온도에서 공장 테스트 조건에서만 적용됩니다. 공장 테스트 조건들은 매우 제한된 $T_J = T_A$ 와 같은 디바이스의 자체 발열에서의 결과입니다. 파라미터 성능에 대한 보장은 $T_J > T_A$ 에서 내부 자체 발열의 조건하에서는 전기적 표가 지시되어 있지 않습니다. 절대 최대 정격은 디바이스가 기계적으로나 전기적으로 영구적으로 저하되는 접합부 온도 제한을 나타냅니다.
- (2) 값은 2 진수 값은(접두사는 B) 또는 16 진수(접두사는 0x)로 표시됩니다. 10 진수는 접두사가 없습니다.
- (3) 제한은 25°C에서의 시험, 설계, 통계 분석을 통해서 보장됩니다. 동작 온도 범위의 제한은 통계적 품질 관리(SQC) 방법을 사용한 상호관계를 통해서 보장됩니다.
- (4) Typical 값은 특성화 시점에서 결정된 가장 일반적인 파라미터의 표준을 나타냅니다. 실제 표준 값은 시간이 지남에 따라 달라질 수 있으며 응용 프로그램의 구성에 따라 달라질 수 있습니다. 일반적인 값은 테스트를 거치지 않았으므로 출하된 부품에 대해서는 보장이 되지 않습니다.
- (5) SDA, SCL 을 통한 I2C 읽기/쓰기 통신과 풀업 저항 전류는 포함되지 않았습니다.
- (6) Sensor inductor: 2 layer, 32 turns/layer, 14mm diameter, PCB inductor with $L=19.4\mu H$, $RP=5.7k\Omega$ at 2MHz Sensor capacitor: 330pF 1% COG/NP0 Target: Aluminum, 1.5mm thickness Channel = Channel 0 (continuous mode) CLKIN = 40MHz, $CHx_FIN_DIVIDER = b0000$, $CHx_FREF_DIVIDER = b00\ 0000\ 0001$ $CH0_RCOUNT = 0xFFFF$, $SETTLECOUNT_CH0 = 0x0100$ $RP_OVERRIDE = b1$, $AUTO_AMP_DIS = b1$, $DRIVE_CURRENT_CH0 = 0x9800$

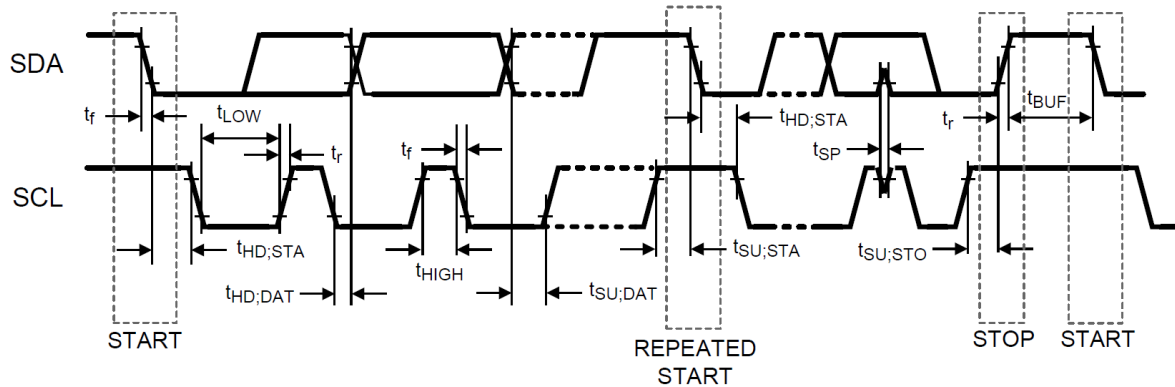
5.6. 스위칭 특성 – I2C

명시하지 않는 한 모든 제한은 $T_A=25^\circ C$, $V_{DD}=3.3V$ 에 대해 보장됩니다.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	Unit
VOLTAGE LEVELS					
V_{IH}	Input High Voltage	0.7*VDD			V
V_{IL}	Input Low Voltage			0.3*VDD	V
V_{OL}	Output Low Voltage (3mA sink current)			0.4	V
HYS	Hysteresis		0.1*VDD		V
I2C TIMING CHARACTERISTICS					
f_{SCL}	Clock Frequency	10		400	kHz
t_{LOW}	Clock Low Time	1.3			us
t_{HIGH}	Clock High Time	0.6			us
$t_{HD;STA}$	Hold Time (repeated) START condition	0.6			us
$t_{SU;STA}$	Set-up time for a repeated START condition	0.6			us
$t_{HD;DAT}$	Data hold time	0			us
$t_{SU;DAT}$	Data setup time	100			us
$t_{SU;STO}$	Set-up time for STOP condition	0.6			us

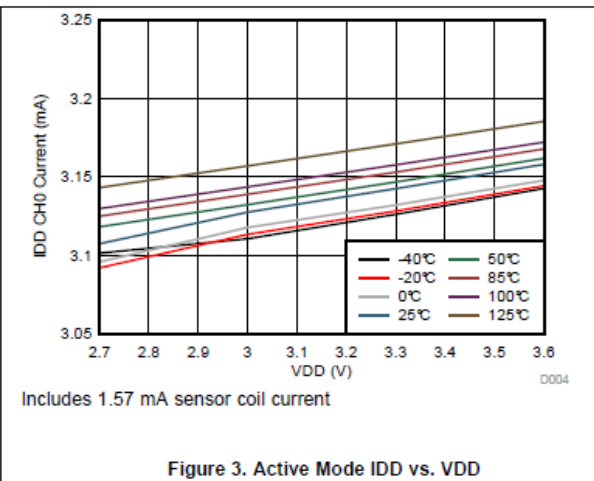
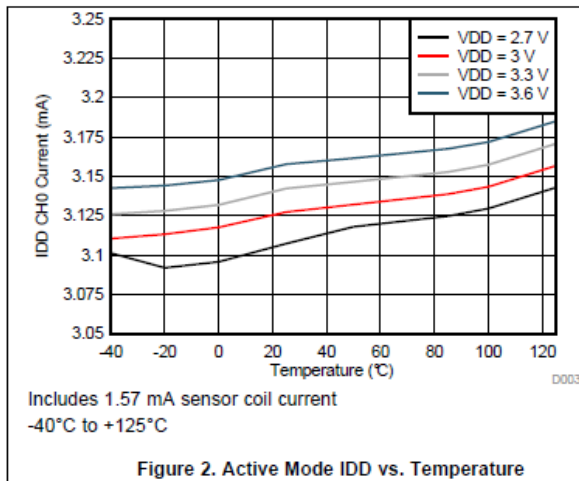
t_{BUF}	Bus free time between a STOP and START condition		1.3			us
$t_{VD;DAT}$	Data valid time				0.9	us
$t_{VD;ACK}$	Data valid acknowledge time				0.9	us
t_{SP}	Pulse width of spikes that must be suppressed by the input filter(1)				50	ns

(1) 이 파라미터는 설계 또는 특성화에 의해 지정되었으며 생산 환경에서는 시험되지 않았습니다.



5.7. 일반적인 특성

Common test conditions (unless specified otherwise): Sensor inductor: 2 layer, 32 turns/layer, 14mm diameter, PCB inductor with $L=19.4\mu H$, $RP=5.7k\Omega$ at 2MHz; Sensor capacitor: 330pF 1% COG/NP0; Target: Aluminum, 1.5mm thickness; Channel = Channel 0 (continuous mode); CLKIN = 40MHz, CHx_FIN_DIVIDER = 0x1, CHx_FREF_DIVIDER = 0x001, CH0_RCOUNT = 0xFFFF, SETTLECOUNT_CH0 = 0x0100, RP_OVERRIDE = 1, AUTO_AMP_DIS = 1, DRIVE_CURRENT_CH0 = 0x9800



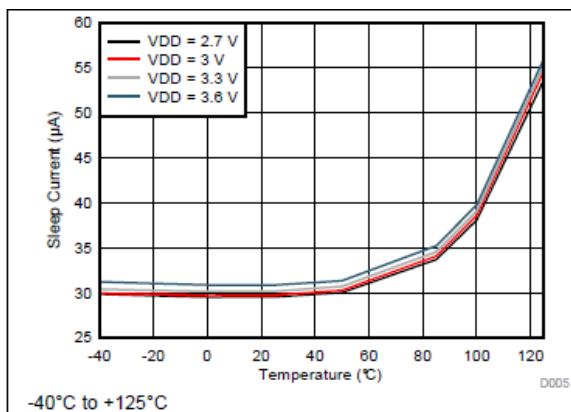


Figure 4. Sleep Mode IDD vs. Temperature

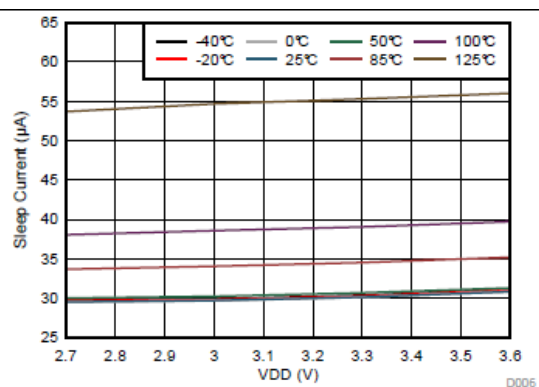


Figure 5. Sleep Mode IDD vs. VDD

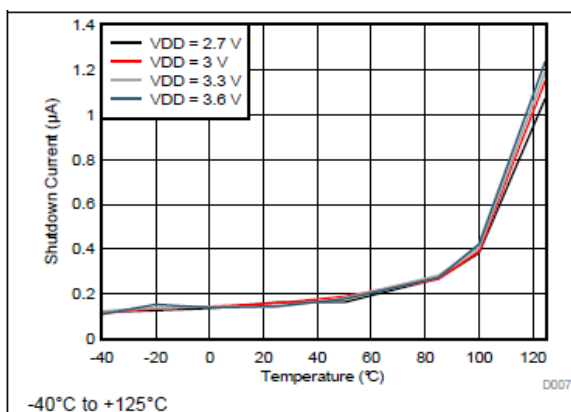


Figure 6. Shutdown Mode IDD vs. Temperature

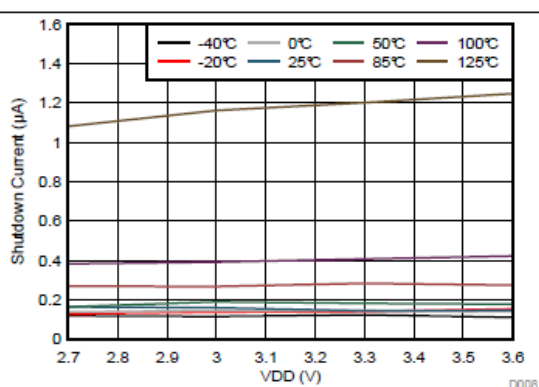


Figure 7. Shutdown Mode IDD vs. VDD

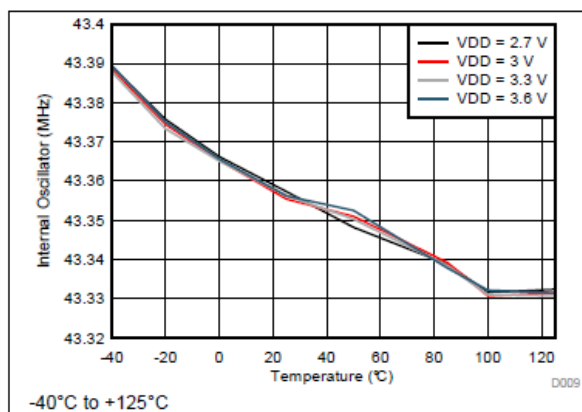
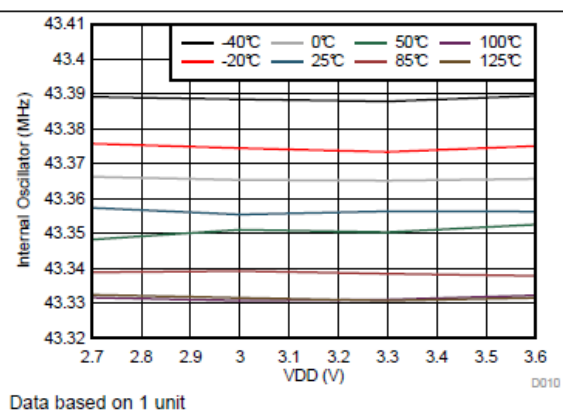


Figure 8. Internal Oscillator Frequency vs. Temperature



Data based on 1 unit

Figure 9. Internal Oscillator Frequency vs. VDD

6. 상세 설명

6.1. 개요

AC 전기장(EM) 필드와 접촉을 하는 전도성 물체는 인덕터와 같은 센서를 사용하여 감지할 수 있는 필드 변화를 야기합니다. 편리 하게도, 캐패시터와 함께 구성되는 인덕터는 L-C 공진기로 구성하기 위해 사용할 수 있으며, 또한 L-C 탱크라고 알려진 EM 필드를 생성하기 위해 사용할 수 있다. L-C 탱크의 경우 필드 외란의 효과는 명백한 센서의 인덕턴스의 변화이며, 공진 주파수의 이동으로 볼 수 있습니다. 이 원리를 사용하여 LDC1312/1314 는 LC 공진의 발진 주파수를 측정하는 인덕턴스-디지털 변환 컨버터입니다. 디바이스는 주파수에 비례하는 디지털 값을 출력합니다. 이 주파수 측정은 등가 인덕턴스로 변환 할 수 있습니다.

6.2. 기능적 블록 다이어그램

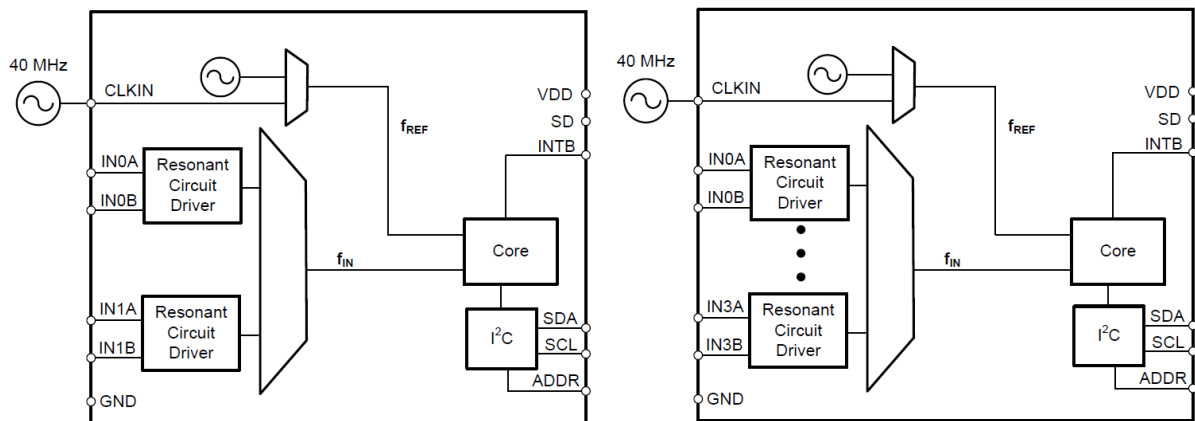


Figure 10. Block Diagrams for the LDC1312 (left) and LDC1314 (right)

LDC1312/LDC1314 는 프론트-엔드 공진 회로 드라이버들로 구성되며, 활성 채널을 통해서 시퀀싱하고, 센서 주파수를 측정하고 디지털화하는 코어에 연결하는 멀티플렉서가 연결됩니다. 코어는 센서 주파수를 측정하기 위해 참조 주파수(f_{REF})를 사용합니다. f_{REF} 는 내부 기준 클럭(발진기) 또는 외부에서 제공되는 클럭에서 파생됩니다. 각 채널의 디지털화 된 출력은 f_{SENSOR}/f_{REF} 의 비율에 비례합니다. I2C 인터페이스는 디바이스 설정을 지원하고, 디지털화 된 주파수 값을 호스트 프로세서로 전송하는데 사용됩니다. LDC 는 소모 전류를 줄이기 위해 SD 핀을 사용하여 섯다운 모드로 변경 될 수 있습니다. INTB 핀은 시스템 상태의 변화를 호스트에 알리도록 구성될 수 있습니다.

6.3. 기능 설명

6.3.1. 클럭 구조

Figure11 은 LDC 에서 클럭 분배와 멀티플렉스를 보여줍니다.

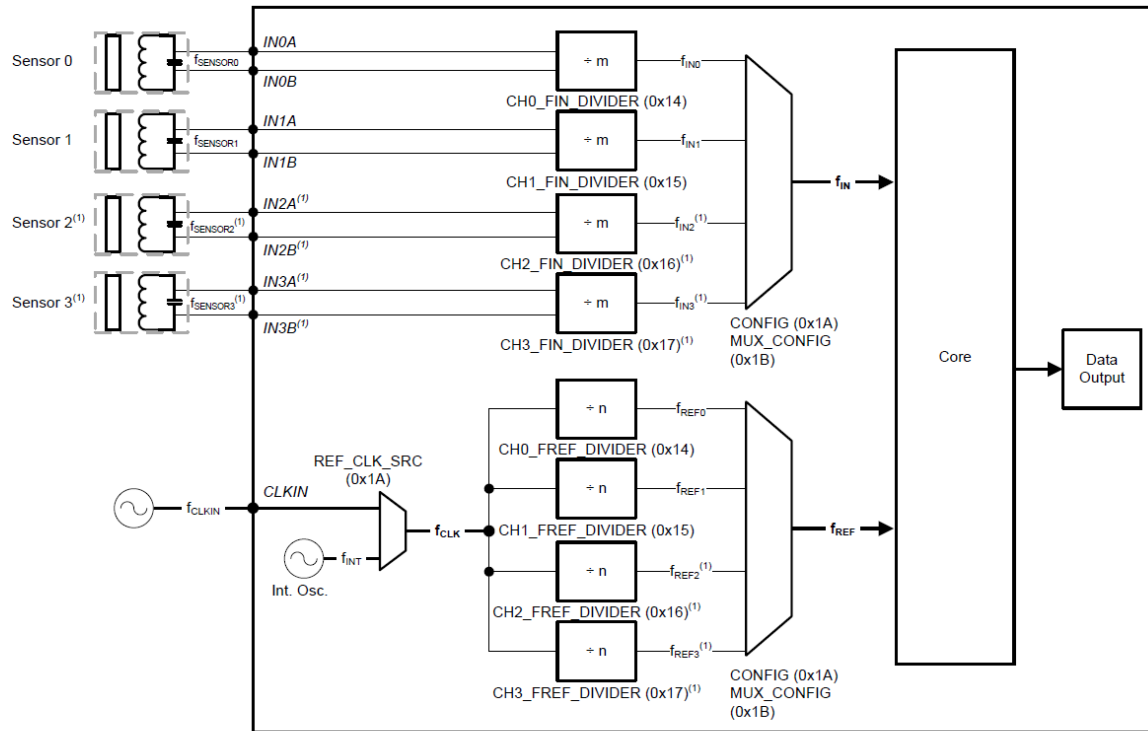


Figure 11. Clocking Diagram

(1) LDC1314 만 해당

Figure11 에서 주요한 클럭은 f_{IN} , f_{REF} , f_{CLK} 입니다. f_{CLK} 는 내부 클럭 소스나 외부 클럭 소스(CLKIN)으로부터 선정됩니다. 주파수 측정 참조 클럭인 f_{REF} 는 f_{CLK} 에서 파생됩니다. 정밀 어플리케이션은 어플리케이션에 필요한 정확도와 안정성에 관한 요구사항을 제공하는 외부 마스터 클럭을 사용하는 것이 좋습니다. 내부 발진기는 저 비용과 고 정밀을 요구하지 않는 어플리케이션에서 사용될 수 있습니다. f_{INx} 클럭은 채널 x 의 $f_{SENSORx}$ 로부터 파생됩니다. f_{REFx} 와 f_{INx} 는 표 1 의 표의 요구사항을 충족 해야하고, f_{CLK} 가 내부 클럭인지 외부 클럭 인지에 의존합니다.

MODE ⁽¹⁾	CLKIN SOURCE	VALID f_{REFx} RANGE(MHz)	VALID f_{INx} RANGE	SET CHx_FIN_DIVIDER to	SET CHx_SETTLECOUNT to	SET CHx_RCOUNT to
Multi-Channel	Internal	$f_{REFx} < 55$	$< f_{REFx}/4$	$> b0001^{(2)}$	> 3	> 8
	External	$f_{REFx} < 40$				
Single-Channel	Either External or Internal	$f_{REFx} < 35$				

(1) 채널 2 와 채널 3 은 LDC1314 에만 해당

(2) 만약 $f_{SENSOR} \geq 8.75$ MHz 이면 그때 CHx_FIN_DIVIDER 는 ≥ 2 여야 합니다.

표 2 는 모든 채널에서의 클럭 설정 레지스터를 보여줍니다.

CHANNEL ⁽¹⁾	CLOCK	REGISTER	RIELD[BIT(S)]	VALUE
ALL	f_{CLK} = Master Clock Source	CONFIG, addr 0x1A	REF_CLK_SRC[9]	b0 = 마스터 클럭으로 내부 오실레이터 사용 b1 = 마스터 클럭으로 외부 오실레이터 사용
0	f_{REF0}	CLOCK_DIVDERS_CH0, addr 0x14	CH0_FREF_DIVIDER[9:0]	$f_{REF0} = f_{CLK} / CH0_FREF_DIVIDER$
1	f_{REF1}	CLOCK_DIVDERS_CH1, addr 0x15	CH1_FREF_DIVIDER[9:0]	$f_{REF1} = f_{CLK} / CH1_FREF_DIVIDER$
2	f_{REF2}	CLOCK_DIVDERS_CH2, addr 0x16	CH2_FREF_DIVIDER[9:0]	$f_{REF2} = f_{CLK} / CH2_FREF_DIVIDER$
3	f_{REF3}	CLOCK_DIVDERS_CH3, addr 0x17	CH3_FREF_DIVIDER[9:0]	$f_{REF3} = f_{CLK} / CH3_FREF_DIVIDER$
0	f_{IN0}	CLOCK_DIVDERS_CH0, addr 0x14	CH0_FIN_DIVIDER[15:12]	$f_{IN0} = f_{SENSOR0} / CH0_FIN_DIVIDER$
1	f_{IN1}	CLOCK_DIVDERS_CH1, addr 0x15	CH1_FIN_DIVIDER[15:12]	$f_{IN1} = f_{SENSOR1} / CH1_FIN_DIVIDER$
2	f_{IN2}	CLOCK_DIVDERS_CH2, addr 0x16	CH2_FIN_DIVIDER[15:12]	$f_{IN2} = f_{SENSOR2} / CH2_FIN_DIVIDER$
3	f_{IN3}	CLOCK_DIVDERS_CH3, addr 0x17	CH3_FIN_DIVIDER[15:12]	$f_{IN3} = f_{SENSOR3} / CH3_FIN_DIVIDER$

(1) 채널 2 와 채널 3 은 LDC1314 만 해당

6.3.2. 다중 채널 과 싱글 채널 동작

LDC 의 다중 채널 패키지는 사용자에게 PCB 의 공간을 절약하게 해주고, 시스템 설계를 유연하게 해줍니다. 예를 들어, 온도 드리프트는 종종 부품 값을 이동을 야기하여 그 결과로 센서의 공진 주파수를 이동시킵니다. 참조로써 2 차 센서를 사용하는 것은 온도 이동을 상쇄시키는 기능을 제공합니다. 다중 채널 모드로 동작될 때 LDC 는 순차적으로 활성 채널들을 샘플링 합니다. 싱글 채널 모드에서는 LDC 는 선택된 싱글 채널을 샘플링 합니다. 다음 표는 다중 채널이나 싱글 채널 모드를 사용하기 위한 설정 레지스터와 값을 보여줍니다.

MODE	REGISTER	FIELD[BIT(S)]	VALUE ⁽¹⁾
Single-channel	CONFIG, addr 0x1A	ACTIVE_CHAN[15:14]	00 = channel 0 01 = channel 1 10 = channel 2 11 = channel 3
	MUX_CONFIG addr 0x1B	AUTOSCAN_EN[15]	0 = 싱글 채널의 연속적인 변환(default)
Multi-channel	MUX_CONFIG addr 0x1B	AUTOSCAN_EN[15]	1 = 다중 채널의 연속적인 변환
	MUX_CONFIG addr 0x1B	RR_SEQUENCE[14:13]	00 = Ch0, Ch1 01 = Ch0, Ch1, Ch2 10 = Ch0, Ch1, Ch2, Ch3

(1) 채널 2 와 채널 3 은 LDC1314 만 해당

각 채널(DATAx)에 대한 디지털화 된 센서 측정은 센서 주파수와 참조 주파수의 비율로 나타내 집니다.

$$\frac{DATAx}{2^{12}} = f_{SENSORx} / f_{REFx}$$

센서 주파수는 다음과 같이 계산될 수 있습니다.

$$f_{SENSORx} = \frac{DATAx * f_{REFx}}{2^{12}}$$

다음 테이블은 각 채널에 대해 고정 소수점 샘플 값을 포함하는 레지스터를 보여줍니다.

Channel ⁽¹⁾	Register	Field name [bit(s)]	Value
0	DATA_MSB_CH0, addr 0x00	DATA0[11:0]	12 MSBs of the 12bit result. 0x000 = 범위 미만 0xffff = 범위 초과
1	DATA_MSB_CH1, addr 0x02	DATA1[11:0]	12 MSBs of the 12bit result. 0x000 = 범위 미만 0xffff = 범위 초과
2	DATA_MSB_CH2, addr 0x04	DATA2[11:0]	12 MSBs of the 12bit result. 0x000 = 범위 미만 0xffff = 범위 초과
3	DATA_MSB_CH3, addr 0x08	DATA3[11:0]	12 MSBs of the 12bit result. 0x000 = 범위 미만 0xffff = 범위 초과

(1) 채널 2 와 채널 3 은 LDC1314 만 해당

다중 채널 모드에서 채널을 통해 LDC 가 시퀀싱 될 때 각 채널에 대한 드웰(Dwell) 시간 간격은 3 종(센서 활성화 시간 + 변환 시간 + 채널 스위칭 지연 시간)의 합으로 되어 있습니다.

센서 활성화 시간은 Figure12 와 같이 센서 발진이 안정화 되기 위해 요구되는 안정화 시간의 양입니다. 안정화 대기 시간(Settling wait time)은 프로그래밍 가능하며, 발진이 안정화 되도록 충분히 긴 시간을 값으로 설정해야 합니다. 각 채널을 위한 안정화 대기 시간은 다음과 같습니다.

$$t_{Sx} = \frac{CHx_{SETTLECOUNT} * 16}{f_{REFx}}$$

표 5 는 각 채널에 대한 안정화 시간을 설정하기 위한 레지스터와 값을 보여줍니다.

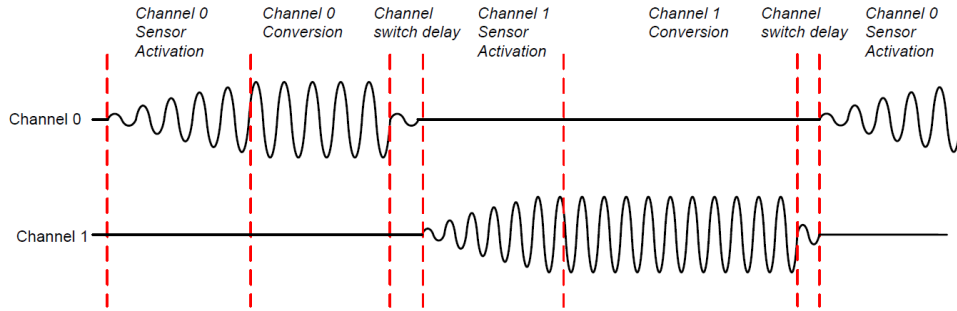


Figure 12. Multi-channel Mode Sequencing

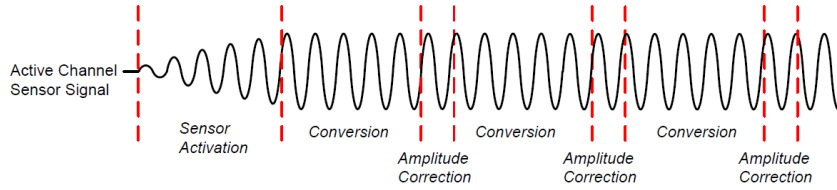


Figure 13. Single-channel Mode Sequencing

Channel ⁽¹⁾	Register	Field	Conversion time ⁽²⁾
0	SETTLECOUNT_CH0, addr 0x10	CH0_SETTLECOUNT[15:0]	$(CH0_SETTLECOUNT * 16) / f_{REF0}$
1	SETTLECOUNT_CH1, addr 0x11	CH1_SETTLECOUNT[15:0]	$(CH1_SETTLECOUNT * 16) / f_{REF1}$
2	SETTLECOUNT_CH2, addr 0x12	CH2_SETTLECOUNT[15:0]	$(CH2_SETTLECOUNT * 16) / f_{REF2}$
3	SETTLECOUNT_CH3, addr 0x13	CH3_SETTLECOUNT[15:0]	$(CH3_SETTLECOUNT * 16) / f_{REF3}$

(1) 채널 2와 채널 3은 LDC1314 만 해당

(2) f_{REFx} 는 채널에 설정된 참조 주파수입니다.

모든 채널의 SETTLECOUNT는 다음을 만족해야 합니다

$$CHx_SETTLECOUNT \geq Q_{SENSORx} * \frac{f_{REFx}}{(16 * f_{SENSORx})}$$

여기서

- $f_{SENSORx}$ = 채널 x에서 센서 주파수
- f_{REFx} = 채널 x에서 참조 주파수
- $Q_{SENSORx}$ = 채널 x에서 센서의 Quality factor Q는 다음 식으로 계산된다.

$$\blacksquare Q = R_p \sqrt{C/L}$$

결과는 값보다 높은 정수형으로 반올림 하십시오. (예를 들어, 만약 계산식에 의해 요구되는 최소값이 6.08 이면 프로그램 레지스터는 7 이거나 그것보다 높아야 합니다.)

L, R_p , C 값은 TI의 [WEBENCH](#)의 coil design을 사용하여 얻을 수 있습니다.

변환 시간은 센서 주파수 측정에 사용된 참조 클럭 사이클의 수로 나타내 집니다. 그것은 채널의 CHx_RCOUNT 레지스터에 의해 설정됩니다. 모든 채널의 변환 시간은 다음과 같습니다.

$$t_{Cx} = \frac{CHx_RCOUNT * 16 + 4}{f_{REFx}}$$

참조 카운터 값은 필요한 유효 비트 수(ENOB)를 지원하도록 선택되어야 합니다. 만약 13 비트의 ENOB 가 요구되면, 그 때 최소 변환 시간은 $2^{13} = 8192$ 클럭 사이클이 요구됩니다. 8192 클럭 사이클은 0x2000(0x0200 이라 표기되어 있는데 오 표기인 것 같음)의 CHx_RTOUNT 값에 해당 합니다.

Channel	Register	FIELD[BIT(S)]	CONVERSION TIME
0	RCOUNT_CH0, addr 0x08	CH0_RCOUNT[15:0]	$(CH0_RCOUNT * 16) / f_{REF0}$
1	RCOUNT_CH1, addr 0x09	CH1_RCOUNT[15:0]	$(CH1_RCOUNT * 16) / f_{REF1}$
2	RCOUNT_CH2, addr 0x0A	CH2_RCOUNT[15:0]	$(CH2_RCOUNT * 16) / f_{REF2}$
3	RCOUNT_CH3, addr 0x0B	CH3_RCOUNT[15:0]	$(CH3_RCOUNT * 16) / f_{REF3}$

(1) 채널 2 와 채널 3 은 LDC1314 만 해당

변환의 종료와 후속 채널의 센서 활성화의 시작 사이의 일반적인 채널 스위칭 지연 시간은 다음과 같습니다.

$$\text{Channel Switch Delay} = 692\text{ns} + \frac{5}{f_{REF}}$$

LDC 의 결정성 있는 변환 시간은 고정 간격으로 데이터 폴링하는 것을 허용합니다. 데이터 준비 플래그(DRDY)는 인터럽트 구동 시스템 설계에도 적용할 수 있습니다. (레지스터 맵의 STATUS 레지스터를 참조)

샘플 데이터의 동적 범위를 최대화하거나 주파수의 보정을 위해 각 DATA 값으로부터 오프셋 값을 뺄 수 있습니다. 오프셋 값은 $< f_{SENSORx_MIN} / f_{REFx}$ 여야 합니다. 그렇지 않으면 오프셋은 너무 커져서 변경되고 있는 LSB 를 덮어 쓸 수도 있습니다.

Channel	Register	FIELD[BIT(S)]	CONVERSION TIME
0	OFFSET_CH0, addr 0x0C	CH0_OFFSET [15:0]	$f_{OFFSET0} = CH0_OFFSET * (f_{REF0}/2^{16})$
1	OFFSET_CH1, addr 0x0D	CH1_OFFSET [15:0]	$f_{OFFSET1} = CH1_OFFSET * (f_{REF1}/2^{16})$
2	OFFSET_CH2, addr 0x0E	CH2_OFFSET [15:0]	$f_{OFFSET2} = CH2_OFFSET * (f_{REF2}/2^{16})$
3	OFFSET_CH3, addr 0x0F	CH3_OFFSET [15:0]	$f_{OFFSET3} = CH3_OFFSET * (f_{REF3}/2^{16})$

(1) 채널 2 와 채널 3 은 LDC1314 만 해당

내부적으로 LDC 는 16 비트의 해상도로 측정되지만, 변환된 출력 워드의 폭은 12비트입니다. 풀 스케일의 25% 범위보다 작은 시스템의 경우에 LDC 는 출력 이득(Gain)을 설정하여 높은 해상도로 결과를 변환할 수 있습니다. 출력 이득(Gain)은 디바이스의 모든 채널에 적용됩니다. 출력 이득(Gain)은 모든 채널에 대해 출력 코드를 2 비트, 3 비트, 4 비트 이동시켜서 사용할 수 있으며, 원래의 16 비트의 4LSB 에 접근하는 것을 허용합니다. 샘플의 MSB 는 이득이 적용될 때 쉬프트 아웃(Shift – out)됩니다. 이득이 적용되었을 경우 해당 채널의 MSB 는 소실될 것이므로 활성 중인 채널의 MSB 가 토글 중이면 출력 이득(Gain)을 사용하지 마십시오.

Channel	Register	Field[BIT(s)]	Values	Effective Resolution(BITS)	Output Range
All	RESET_DEV, Addr 0x1C	OUTPUT_GAIN[10:9]	00(default) Gain = 1(0 bit shift)	12	100% full scale
			01 Gain = 4(2 bit shift)	14	25% full scale
			10 Gain = 8(3 bit shift)	15	12.5% full scale

			11 Gain = 16(4 bit shift)	16	6.25% full scale
--	--	--	---------------------------	----	------------------

(1) 채널 2 와 채널 3 은 LDC1314 만 해당

예: 만약 변환 결과가 0x07A3 이고, OUTPUT_GAIN = 0x0 이면, 출력 코드는 0x07A 가 된다. 만약 같은 조건에서 OUTPUT_GAIN = 0x3 이면 그때는 출력 코드는 0x7A3 이 된다. 처음 4 개의 MSB 는 더 이상 접근할 수 없다. Figure14 는 각 이득의 설정에 대해 획득되는 16 비트 샘플의 구획을 보여줍니다.

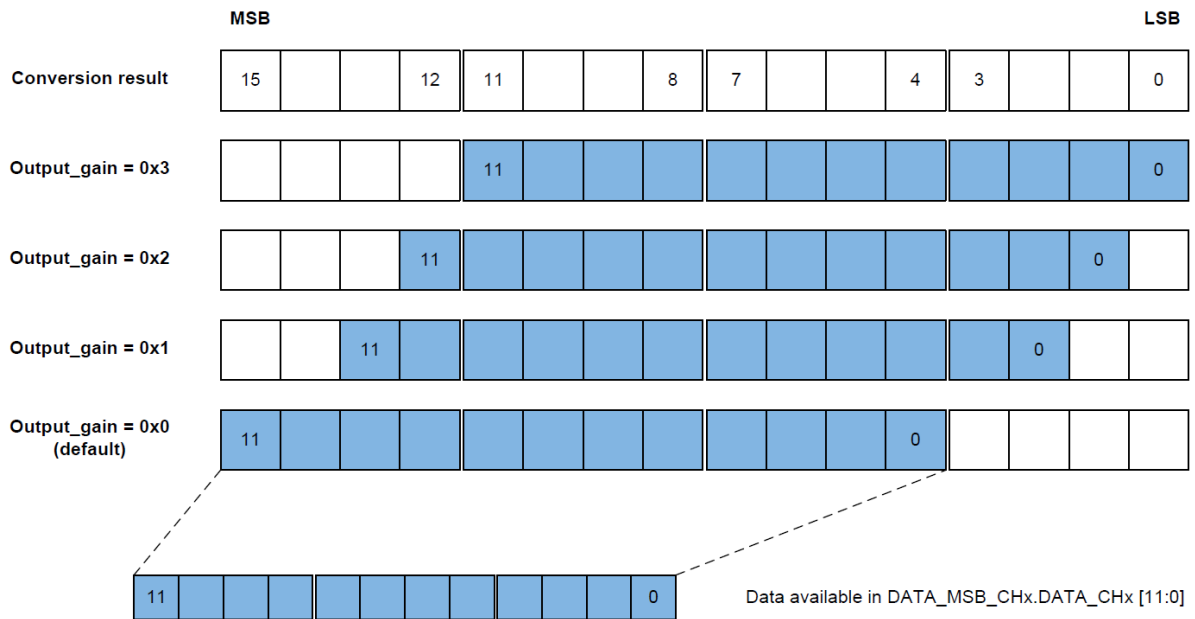


Figure 14. Conversion Data Output Gain

센서의 주파수는 다음과 같이 정의 될 수 있다.

$$f_{\text{SENSORx}} = CHx_FIN_DIVIDER * f_{\text{REFx}} \left(\frac{DATAx}{2^{12+OUTPUT_GAIN}} + \frac{CHx_OFFSET}{2^{16}} \right)$$

여기서

- DATAx = DATA_CHx 레지스터로부터 변환된 결과
- CHx_OFFSET = OFFSET_CHx 레지스터에 설정된 오프셋 값
- OUTPUT_GAIN = RESET_DEVICE.OUTPUT_GAIN 레지스터에 설정된 출력 멀티플렉션 값

6.3.3. 전류 구동 제어 레지스터

표 9의 레지스터 표는 센서 구동 전류를 제어하기 위해 사용됩니다. 마지막 열의 요구 조건을 따라야합니다.

자동 보정 모드는 고정된 센서 설계를 위한 최적의 센서 구동 전류를 결정하기 위해 사용됩니다. 이 모드는 프로토타입 시스템에서만 사용해야 합니다.

자동 진폭 보정은 변환 사이에 센서 구동 전류를 조정하여 센서 발진 진폭을 1.2V 에서 1.8V 사이로 유지하도록 합니다. 자동 진폭 보정이 활성화 되었을 경우, 출력 데이터는 구동 전류의 조정 때문에 단조가 아닌 것으로 보여질 것입니다. 자동 진폭 보정은 저 정밀 어플리케이션을 위해서만 사용하도록 권장됩니다.

높은 센서 전류 구동 모드는 싱글 채널 모드에서만 채널 0에 대해 구동 전류 코일에 >1.5mA의 전류 출력이 가능하도록 합니다. 이 기능은 센서 R_p 가 1k Ω 보다 낮을 경우 사용 할 수 있습니다. 이 모드를 사용하기 위해서 HIGH_CURRENT_DRV 레지스터 비트를 1로 설정하십시오.

Channel	Register	Field[Bit(s)]	Value
All	CONFIG, addr 0x1A	SENSOR_ACTIVATE_SEL[11]	센서 활성화를 위해 전류 드라이버를 설정합니다. 요구되는 값은 b0 (Full Current mode)
		RP_OVERRIDE_EN[12]	일반 운영을 위해 b1로 설정 (RP override 활성화)
		AUTO_AMP_DIS[10]	자동 진폭 보정 비활성화 일반 운영을 위해 b1로 설정
0	CONFIG, addr 0x1A	HIGH_CURREN_DRV[6]	b0 = 일반 전류 구동(1.5mA) b1 = 증가된 전류 구동(>1.5mA) (싱글 채널 모드에서만 동작)
0	DRIVE_CURRENT_CH0, addr 0x1E	CH0_IDRIVE[15:11]	채널 0의 안정화와 변환에 사용되는 구동 전류 (자동 진폭 보정은 비활성화, RP override는 1)
		CH0_INIT_IDRIVE[10:6]	자동 보정을 하는 동안 저장된 초기 구동 전류 일반 운영에서는 사용 금지
1	DRIVE_CURRENT_CH1, addr 0x1F	CH1_IDRIVE[15:11]	채널 1의 안정화와 변환에 사용되는 구동 전류 (자동 진폭 보정은 비활성화, RP override는 1)
		CH1_INIT_IDRIVE[10:6]	자동 보정을 하는 동안 저장된 초기 구동 전류 일반 운영에서는 사용 금지
2	DRIVE_CURRENT_CH2, addr 0x20	CH2_IDRIVE[15:11]	채널 2의 안정화와 변환에 사용되는 구동 전류 (자동 진폭 보정은 비활성화, RP override는 1)
		CH2_INIT_IDRIVE[10:6]	자동 보정을 하는 동안 저장된 초기 구동 전류 일반 운영에서는 사용 금지
3	DRIVE_CURRENT_CH3, addr 0x21	CH3_IDRIVE[15:11]	채널 3의 안정화와 변환에 사용되는 구동 전류 (자동 진폭 보정은 비활성화, RP override는 1)
		CH3_INIT_IDRIVE[10:6]	자동 보정을 하는 동안 저장된 초기 구동 전류 일반 운영에서는 사용 금지

만약 채널 x에 부착된 센서의 R_p 값을 안다면, Figure15는 채널의 IDRIVE 필드에 프로그래밍 하기 위한 5비트의 값을 선택하는데 사용할 수 있습니다.

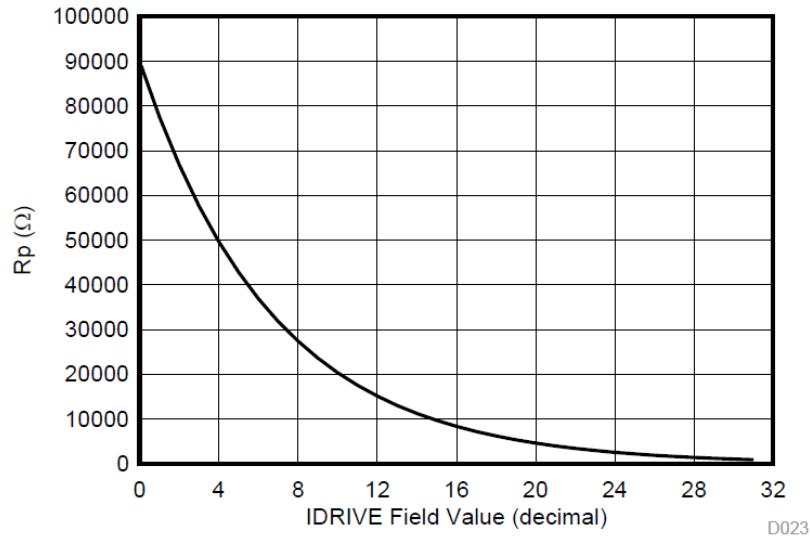


Figure 15. I_{DRIVE} vs R_p

6.3.4. 디바이스 상태 레지스터

아래의 레지스터 표는 디바이스의 상태를 읽기 위해 사용됩니다.

Channel	Register	Field[Bits]	Values
All	STATUS, addr 0x18	12 필드들은 다양한 상태 비트를 포함[15:0]	개별적인 상태 비트들은 레지스터 맵을 참조
All	ERROR_CONFIG, addr 0x19	12 필드들은 설정 에러 보고에 사용[15:0]	개별적인 상태 비트들은 레지스터 맵을 참조

레지스터 맵에 있는 STATUS 와 ERROR_CONFIG 레지스터 설명을 참조 하십시오. 이 레지스터들은 확정된 이벤트를 위해 INTB 핀의 인터럽트가 트리거 되도록 설정될 수 있습니다. 다음 조건들이 충족되어야 합니다.

- 에러나 상태 레지스터는 ERROR_CONFIG 에서 해당 레지스터 비트를 활성화하여 해제해야 합니다.
- INTB 기능은 CONFIG.INTB_DIS 을 0 으로 설정해야 활성화가 됩니다.

STATUS 레지스터에서 비트 필드가 설정되면, 전체 STATUS 레지스터 항목은 전체 STATUS 레지스터를 읽거나 DATA_CHx 레지스터를 읽을 때까지 유지가 됩니다. 읽는 것은 또한 INTB 를 해제합니다.

인터럽트는 다음 이벤트 중 하나에 의해 해제가 됩니다.

- 슬립 모드로 진입
- POR (Power on Reset)
- 셧다운 모드 진입
- S/W 리셋
- I2C 에서 STATUS 레지스터를 읽음: STATUS 레지스터를 읽는 것은 ERR_CHAN 필드와 STATUS 에 모든 에러 상태 비트 설정은 해제됩니다.

CONFIG.INTB_DIS 레지스터를 b1 로 설정하는 것은 INTB 의 기능을 비활성화하고 INTB 핀을 High 로 유지하게 합니다.

6.3.5. 입력 디글리치(Deglitch) 필터

입력 Deglitch 필터는 EMI 와 센서 주파수에서의 간섭을 억제합니다. 그것은 대역폭이 최대 센서 주파수를 초과하도록 구성된 경우라면 변환 결과에 영향을 미치지 않습니다. 입력 Deglitch 필터는 아래의 표에서 보여지는 것처럼 MUX_CONFIG.DEGLITCH 레지스터 필드에서 구성될 수 있습니다. 최적의 성능을 위해 센서 발진 주파수를 초과하는 최저 설정을 선택하는 것이 좋습니다. 예를 들어 만약 최대 센서 주파수가 2.0MHz 이면 MUX_CONFIG.DEGLITCH = b100(3.3MHz)로 선택하십시오.

Channel	MUX_CONFIG.DEGLITCH Register Value	DEGLITCH Frequency
ALL	001	1MHz
ALL	100	3.3MHz
ALL	101	10MHz
ALL	011	33MHz

6.4. 디바이스 기능 모드

6.4.1. Startup Mode

LDC 에 전원이 인가되면 슬립 모드로 진입하게 되며 설정을 기다립니다. CONFIG.SLEEP_MODE_EN 을 b0 으로 설정하여 슬립 모드를 빠져나옵니다.

슬립 모드에서 LDC 를 설정하는 것이 좋습니다. 만약 LDC 에 설정 변경이 필요하다면 디바이스를 슬립 모드로 바꾸고 해당 레지스터를 변화한 뒤 슬립 모드를 빠져나와야 합니다.

6.4.2. Normal (Conversion) Mode

일반(변환) 모드로 동작할 경우 LDC 는 센서의 주파수를 주기적으로 샘플링을 하고, 활성 채널의 샘플 출력을 일으킵니다.

6.4.3. Sleep Mode

슬립 모드는 CONFIG.SLEEP_MODE_EN 레지스터 필드를 1 로 설정함으로써 진입할 수 있습니다. 이 모드 동안에는 레지스터 항목들은 유지됩니다. 슬립 모드를 빠져나오기 위해서는 CONFIG.SLEEP_MODE_EN 레지스터에 0 을 설정하면 됩니다. CONFIG.SLEEP_MODE_EN 을 b0 로 설정한 후에 첫 번째 변환을 위한 센서 활성화는 $16,384 f_{INT}$ 클럭 주기 후에 시작될 것입니다. 슬립 모드에서 I2C 인터페이스는 레지스터를 읽고 쓰는 기능을 수행할 수 있도록 되어 있습니다. 슬립 모드에서 변환은 수행하지 않습니다. 게다가 슬립 모드로 진입하는 것은 모든 에러 상태를 해제하고 INTB 핀을 해제할 것입니다.

6.4.4. Shutdown Mode

SD 핀이 High 로 설정되면 LDC 는 셧다운 모드로 진입할 것입니다. 셧다운 모드는 가능 낮은 전력 상태를 가집니다. 셧다운 모드를 빠져나오기 위해서는 SD 핀을 Low 로 설정하십시오. 셧다운 모드에 진입하면 모든 레지스터는 초기상태로 되돌려 질 것입니다.

셧다운 모드에서는 변환은 수행되지 않습니다. 게다가 셧다운 모드 진입은 모든 에러 상태를 해제하고, INTB 핀을 해제할 것입니다. 디바이스가 셧다운 모드에 있는 동안에는 I2C 인터페이스를 통해 디바이스로부터 읽고 쓰는 것은 불가능합니다.

6.4.5. Reset

LDC 는 RESET_DEV.RESET_DEV 에 값을 써서 Reset 을 할 수 있습니다. 변환은 멈출 것이고 모든 레지스터 값은 초기값으로 되돌려 질 것입니다. 이 레지스터 비트는 읽을 때는 항상 b0 을 반환합니다.

6.5. 프로그래밍

LDC 디바이스는 I2C 인터페이스를 사용하여 제어와 데이터 레지스터에 접근합니다.

6.5.1. I2C 인터페이스 사양

LDC 는 레지스터 접근을 위해 I2C 로 확장된 시작 시퀀스를 사용합니다. I2C 인터페이스의 최대 스피드는 400kbit/s 입니다. 이 시퀀스는 레지스터 주소를 설정하기 위한 8 비트 포인터 레지스터 바이트에 의해 따르는 표준 I2C 7 비트 슬레이브 주소를 따릅니다. ADDR 핀이 Low 로 설정되면 LDC I2C 주소는 0x2A 이고 ADDR 핀이 High 이면 LDC I2C 주소는 0x2B 입니다. ADDR 핀은 셧다운 모드를 빠져나온 후에는 변경되어서는 안됩니다.

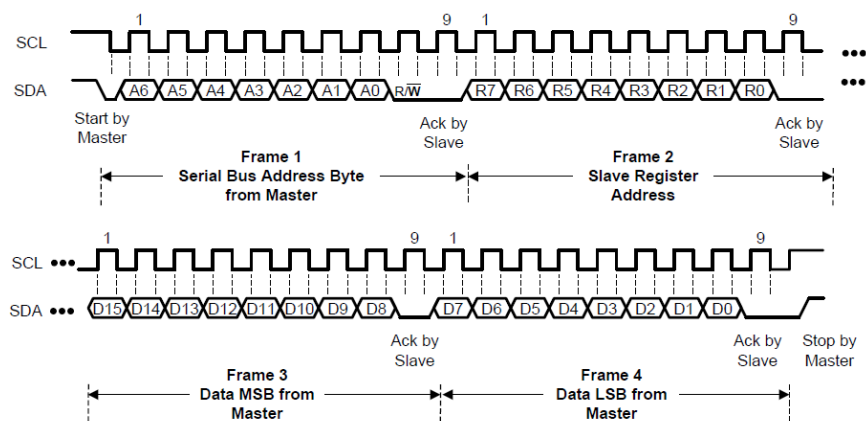


Figure 16. I2C Write Register Sequence

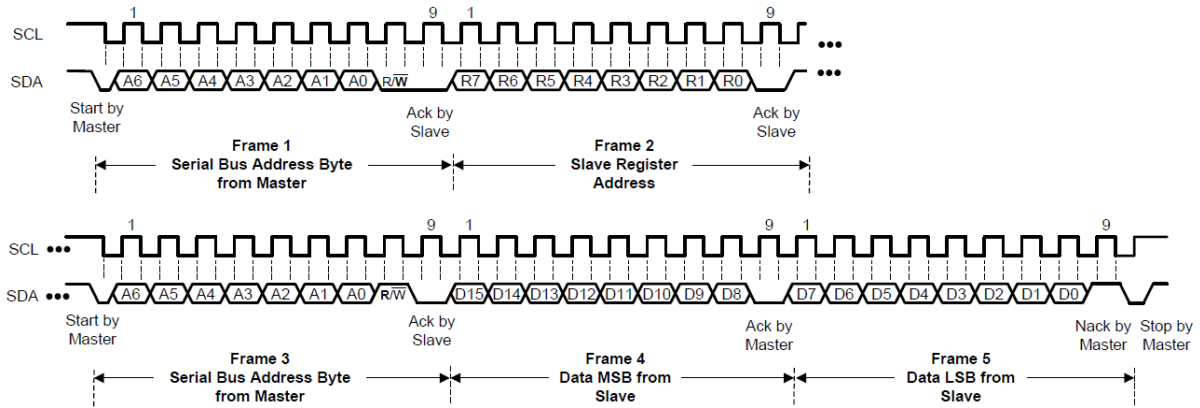


Figure 17. I2C Read Register Sequence

6.6. 레지스터 맵

6.6.1. 레지스터 표

Reserved 로 표시된 필드는 표시된 값 대로만 써야합니다. 그러지 않으면 적절치 않은 동작이 발생 할 것입니다. R/W 열은 해당 필드의 읽기 쓰기 상태를 표시합니다. R/W 는 읽기 쓰기가 가능하고, R 은 읽기만 가능하며, W 는 쓰기만 가능합니다.

ADDRESS	NAME	DEFAULT VALUE	DESCRIPTION
0x00	DATA_CH0	0X0000	CH0 변환 결과와 에러 상태
0x02	DATA_CH1	0X0080	CH1 변환 결과와 에러 상태
0x04	DATA_CH2	0X0080	CH2 변환 결과와 에러 상태 (LDC1314 만)
0x06	DATA_CH3	0X0080	CH3 변환 결과와 에러 상태 (LDC1314 만)
0x08	RCOUNT_CH0	0X0000	CH0 의 참조 카운터 세팅
0x09	RCOUNT_CH1	0X0000	CH1 의 참조 카운터 세팅
0x0A	RCOUNT_CH2	0X0000	CH2 의 참조 카운터 세팅 (LDC1314 만)
0x0B	RCOUNT_CH3	0X0000	CH3 의 참조 카운터 세팅 (LDC1314 만)
0x0C	OFFSET_CH0	0X0000	CH0 의 오프셋 값
0x0D	OFFSET_CH1	0X0000	CH1 의 오프셋 값
0x0E	OFFSET_CH2	0X0000	CH2 의 오프셋 값 (LDC1314 만)
0x0F	OFFSET_CH3	0X0000	CH3 의 오프셋 값 (LDC1314 만)
0x10	SETTLECOUNT_CH0	0X0000	CH0 안정화 참조 카운터
0x11	SETTLECOUNT_CH1	0X0000	CH1 안정화 참조 카운터
0x12	SETTLECOUNT_CH2	0X0000	CH2 안정화 참조 카운터 (LDC1314 만)
0x13	SETTLECOUNT_CH3	0X0000	CH3 안정화 참조 카운터 (LDC1314 만)
0x14	CLOCK_DEVIDERS_CH0	0X0000	CH0 의 참조와 센서 분배 설정
0x15	CLOCK_DEVIDERS_CH1	0X0000	CH1 의 참조와 센서 분배 설정
0x16	CLOCK_DEVIDERS_CH2	0X0000	CH2 의 참조와 센서 분배 설정 (LDC1314 만)
0x17	CLOCK_DEVIDERS_CH3	0X0000	CH3 의 참조와 센서 분배 설정 (LDC1314 만)
0x18	STATUS	0X0000	디바이스 상태 보고
0x19	ERROR_CONFIG	0X0000	오류 보고 설정
0x1A	CONFIG	0X2801	변환 설정
0x1B	MUX_CONFIG	0X020F	채널 멀티플렉스 설정

0x1C	RESET_DEV	0X0000	디바이스 리셋
0x1E	DRIVE_CURRENT_CH0	0X0000	CH0 센서 전류 구동 설정
0x1F	DRIVE_CURRENT_CH1	0X0000	CH1 센서 전류 구동 설정
0x20	DRIVE_CURRENT_CH2	0X0000	CH2 센서 전류 구동 설정 (LDC1314 만)
0x21	DRIVE_CURRENT_CH3	0X0000	CH3 센서 전류 구동 설정 (LDC1314 만)
0x7E	MANUFACTURER_ID	0X5449	제조사 ID
0x7F	DEVICE_ID	0X3054	디바이스 ID

6.6.2. address 0x00, DATA_CH0

15	14	13	12	11	10	9	8
CH0_ERR_UR	CH0_ERR_OR	CH0_ERR_WD	CH0_ERR_AE	DATA0[11:0]			
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA0[11:0]							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15	CH0_ERR_UR	R	0	CH0 변환 범위 미만 오류 플래그, 읽으면 해제 됨.			
14	CH0_ERR_OR	R	0	CH0 변환 범위 초과 오류 플래그, 읽으면 해제 됨.			
13	CH0_ERR_WD	R	0	CH0 변환 범위 와치독(Watch Dog) 타임아웃 오류, 읽으면 해제 됨.			
12	CH0_ERR_AE	R	0	CH0 변환 범위 진폭 오류, 읽으면 해제 됨.			
11:0	DATA0[11:0]	R	0000 0000 0000	CH0 변환 결과			

6.6.3. address 0x02, DATA_CH1

15	14	13	12	11	10	9	8
CH1_ERR_UR	CH1_ERR_OR	CH1_ERR_WD	CH1_ERR_AE	DATA1[11:0]			
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA1[11:0]							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15	CH1_ERR_UR	R	0	CH1 변환 범위 미만 오류 플래그, 읽으면 해제 됨.			
14	CH1_ERR_OR	R	0	CH1 변환 범위 초과 오류 플래그, 읽으면 해제 됨.			
13	CH1_ERR_WD	R	0	CH1 변환 범위 와치독(Watch Dog) 타임아웃 오류, 읽으면 해제 됨.			
12	CH1_ERR_AE	R	0	CH1 변환 범위 진폭 오류, 읽으면 해제 됨.			
11:0	DATA1[11:0]	R	0000 0000 0000	CH0 변환 결과			

6.6.4. address 0x04, DATA_CH2 (LDC1314 만)

15	14	13	12	11	10	9	8
CH2_ERR_UR	CH2_ERR_OR	CH2_ERR_WD	CH2_ERR_AE	DATA2[11:0]			
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA2[11:0]							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15	CH2_ERR_UR	R	0	CH2 변환 범위 미만 오류 플래그, 읽으면 해제 됨.			
14	CH2_ERR_OR	R	0	CH2 변환 범위 초과 오류 플래그, 읽으면 해제 됨.			
13	CH2_ERR_WD	R	0	CH2 변환 범위 와치독(Watch Dog) 타임아웃 오류, 읽으면 해제 됨.			
12	CH2_ERR_AE	R	0	CH2 변환 범위 진폭 오류, 읽으면 해제 됨.			
11:0	DATA2[11:0]	R	0000 0000 0000	CH0 변환 결과			

6.6.5. address 0x06, DATA_CH3(LDC1314 만)

15	14	13	12	11	10	9	8
CH3_ERR_UR	CH3_ERR_OR	CH3_ERR_WD	CH3_ERR_AE	DATA3[11:0]			
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA3[11:0]							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15	CH3_ERR_UR	R	0	CH3 변환 범위 미만 오류 플래그, 읽으면 해제 됨.			
14	CH3_ERR_OR	R	0	CH3 변환 범위 초과 오류 플래그, 읽으면 해제 됨.			
13	CH3_ERR_WD	R	0	CH3 변환 범위 와치독(Watch Dog) 타임아웃 오류, 읽으면 해제 됨.			
12	CH3_ERR_AE	R	0	CH3 변환 범위 진폭 오류, 읽으면 해제 됨.			
11:0	DATA3[11:0]	R	0000 0000 0000	CH0 변환 결과			

6.6.6. address 0x08, RCOUNT_CH0

15	14	13	12	11	10	9	8
CH0_RCOUNT							
7	6	5	4	3	2	1	0
CH0_RCOUNT							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:0	CH0_RCOUNT	R/W	0000 0000 1000 0000	CH0 변환 간격 시간 참조 카운터 0x0000-0x0004: Reserved 0x0005-0xFFFF: 변환 시간(t_{CO}) = (CH0_RCOUNT * 16)/ f_{REF0}			

6.6.7. address 0x09, RCOUNT_CH1

15	14	13	12	11	10	9	8
CH1_RCOUNT							
7	6	5	4	3	2	1	0
CH1_RCOUNT							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:0	CH1_RCOUNT	R/W	0000 0000 1000 0000	CH1 변환 간격 시간 참조 카운터 0x0000-0x0004: Reserved 0x0005-0xFFFF: 변환 시간(t_{c1}) = $(CH1_RCOUNT * 16)/f_{REF1}$			

6.6.8. address 0x0A, RCOUNT_CH2 (LDC1314 만)

15	14	13	12	11	10	9	8
CH2_RCOUNT							
7	6	5	4	3	2	1	0
CH2_RCOUNT							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:0	CH2_RCOUNT	R/W	0000 0000 1000 0000	CH2 변환 간격 시간 참조 카운터 0x0000-0x0004: Reserved 0x0005-0xFFFF: 변환 시간(t_{c2}) = $(CH2_RCOUNT * 16)/f_{REF2}$			

6.6.9. address 0x0B, RCOUNT_CH3 (LDC1314 만)

15	14	13	12	11	10	9	8
CH3_RCOUNT							
7	6	5	4	3	2	1	0
CH3_RCOUNT							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:0	CH3_RCOUNT	R/W	0000 0000 1000 0000	CH3 변환 간격 시간 참조 카운터 0x0000-0x0004: Reserved 0x0005-0xFFFF: 변환 시간(t_{c3}) = $(CH3_RCOUNT * 16)/f_{REF3}$			

6.6.10. address 0x0C, OFFSET_CH0

15	14	13	12	11	10	9	8
CH0_OFFSET							
7	6	5	4	3	2	1	0
CH0_OFFSET							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:0	CH0_OFFSET	R/W	0000 0000 0000 0000	CH0 변환 오프셋 $f_{OFFSET_0} = (CH0_OFFSET/2^{16}) * f_{REF0}$			

6.6.11. address 0x0D, OFFSET_CH1

15	14	13	12	11	10	9	8
CH1_OFFSET							
7	6	5	4	3	2	1	0
CH1_OFFSET							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:0	CH1_OFFSET	R/W	0000 0000 0000 0000	CH1 변환 오프셋 $f_{\text{OFFSET}_1} = (\text{CH1_OFFSET}/2^{16}) * f_{\text{REF1}}$			

6.6.12. address 0x0E, OFFSET_CH2 (LDC1314 만)

15	14	13	12	11	10	9	8
CH2_OFFSET							
7	6	5	4	3	2	1	0
CH2_OFFSET							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:0	CH2_OFFSET	R/W	0000 0000 0000 0000	CH2 변환 오프셋 $f_{\text{OFFSET}_2} = (\text{CH2_OFFSET}/2^{16}) * f_{\text{REF2}}$			

6.6.13. address 0x0F, OFFSET_CH3 (LDC1314 만)

15	14	13	12	11	10	9	8
CH3_OFFSET							
7	6	5	4	3	2	1	0
CH3_OFFSET							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:0	CH3_OFFSET	R/W	0000 0000 0000 0000	CH3 변환 오프셋 $f_{\text{OFFSET}_3} = (\text{CH3_OFFSET}/2^{16}) * f_{\text{REF3}}$			

6.6.14. address 0x10, SETTLECOUNT_CH0

15	14	13	12	11	10	9	8
CH0_SETTLECOUNT							
7	6	5	4	3	2	1	0
CH0_SETTLECOUNT							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:0	CH0_SETTLECOUNT	R/W	0000 0000 0000 0000	CH0 변환 안정화 LDC 는 CH0 에서 변환 초기화 전에 LC 센서의 안정화를 위해 이 안정화 시간을 사용할 것입니다. 만약 변환 시작 전에 진폭이 안정화 되지 않으면, 이런 유형의 오류 보고가 활성화 되었다면 진폭 오류가 발생할 것입니다. b0000 0000 0000 0000: 안정화 시간(t_{s0}) = $32 / f_{REF0}$ b0000 0000 0000 0001: 안정화 시간(t_{s0}) = $32 / f_{REF0}$ b0000 0000 0000 0010 – b1111 1111 1111 1111: 안정화 시간(t_{s0}) = $(CH0_SETTLECOUNT * 16) / f_{REF0}$			

6.6.15. address 0x11, SETTLECOUNT_CH1

15	14	13	12	11	10	9	8
CH1_SETTLECOUNT							
7	6	5	4	3	2	1	0
CH1_SETTLECOUNT							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:0	CH1_SETTLECOUNT	R/W	0000 0000 0000 0000	CH1 변환 안정화 LDC 는 CH1 에서 변환 초기화 전에 LC 센서의 안정화를 위해 이 안정화 시간을 사용할 것입니다. 만약 변환 시작 전에 진폭이 안정화 되지 않으면, 이런 유형의 오류 보고가 활성화 되었다면 진폭 오류가 발생할 것입니다. b0000 0000 0000 0000: 안정화 시간(t_{s1}) = $32 / f_{REF1}$ b0000 0000 0000 0001: 안정화 시간(t_{s1}) = $32 / f_{REF1}$ b0000 0000 0000 0010 – b1111 1111 1111 1111: 안정화 시간(t_{s1}) = $(CH1_SETTLECOUNT * 16) / f_{REF1}$			

6.6.16. address 0x12, SETTLECOUNT_CH2 (LDC1314 만)

15	14	13	12	11	10	9	8
CH2_SETTLECOUNT							
7	6	5	4	3	2	1	0
CH2_SETTLECOUNT							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:0	CH2_SETTLECOUNT	R/W	0000 0000 0000 0000	CH2 변환 안정화 LDC 는 CH2 에서 변환 초기화 전에 LC 센서의 안정화를 위해 이 안정화 시간을 사용할 것입니다. 만약 변환 시작 전에 진폭이 안정화 되지 않으면, 이런 유형의 오류 보고가 활성화 되었다면 진폭 오류가 발생할 것입니다. b0000 0000 0000 0000: 안정화 시간(t_{s2}) = $32 / f_{REF2}$ b0000 0000 0000 0001: 안정화 시간(t_{s2}) = $32 / f_{REF2}$ b0000 0000 0000 0010 – b1111 1111 1111 1111: 안정화 시간(t_{s2}) = $(CH2_SETTLECOUNT * 16) / f_{REF2}$			

6.6.17. address 0x13, SETTLECOUNT_CH3 (LDC1314 만)

15	14	13	12	11	10	9	8
CH3_SETTLECOUNT							
7	6	5	4	3	2	1	0
CH3_SETTLECOUNT							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:0	CH3_SETTLECOUNT	R/W	0000 0000 0000 0000	CH3 변환 안정화 LDC 는 CH3 에서 변환 초기화 전에 LC 센서의 안정화를 위해 이 안정화 시간을 사용할 것입니다. 만약 변환 시작 전에 진폭이 안정화 되지 않으면, 이런 유형의 오류 보고가 활성화 되었다면 진폭 오류가 발생할 것입니다. b0000 0000 0000 0000: 안정화 시간(t_{S3}) = 32 / f_{REF3} b0000 0000 0000 0001: 안정화 시간(t_{S3}) = 32 / f_{REF3} b0000 0000 0000 0010 – b1111 1111 1111 1111: 안정화 시간(t_{S3}) = (CH3_SETTLECOUNT * 16) / f_{REF3}			

6.6.18. address 0x14, CLOCK_DIVIDERS_CH0

15	14	13	12	11	10	9	8
CH0_FIN_DIVIDER				RESERVED		CH0_FREF_DIVIDER	
7	6	5	4	3	2	1	0
CH0_FREF_DIVIDER							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:12	CH0_SETTLECOUNT	R/W	0000	CH0 입력을 위한 입력 분배기의 분배 설정. 만약 센서 주파수가 $\geq 8.75\text{MHz}$ 이면 ≥ 2 로 설정해야 함 b0000: Reserved 영역 사용 금지. $\text{CH0_FIN_DIVIDER} \geq \text{b0001: } f_{\text{IN0}} = f_{\text{SENSOR0}}/\text{CH0_FIN_DIVIDER}$			
11:10	RESERVED	R/W	00	Reserved. b00 으로 설정			
9:0	CH0_FREF_DIVIDER	R/W	00 0000 0000	CH0 참조를 위한 참조 분배기의 분배 설정. 최대 변환 주파수를 조정하기 위해서 이것을 사용하십시오. b00 0000 0000: Reserved 사용금지 $\text{CH0_FREF_DIVIDER} \geq \text{b00 0000 0001:}$ $f_{\text{REF0}} = f_{\text{CLK}}/\text{CH0_FREF_DIVIDER}$			

6.6.19. address 0x15, CLOCK_DIVIDERS_CH1

15	14	13	12	11	10	9	8
CH1_FIN_DIVIDER				RESERVED		CH1_FREF_DIVIDER	
7	6	5	4	3	2	1	0
CH1_FREF_DIVIDER							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:12	CH1_SETTLECOUNT	R/W	0000	CH1 입력을 위한 입력 분배기의 분배 설정. 만약 센서 주파수가 $\geq 8.75\text{MHz}$ 이면 ≥ 2 로 설정해야 함 b0000: Reserved 영역 사용 금지. $\text{CH1_FIN_DIVIDER} \geq \text{b0001: } f_{\text{IN1}} = f_{\text{SENSOR1}}/\text{CH1_FIN_DIDVER}$			
11:10	RESERVED	R/W	00	Reserved. b00 으로 설정			
9:0	CH1_FREF_DIVIDER	R/W	00 0000 0000	CH1 참조를 위한 참조 분배기의 분배 설정. 최대 변환 주파수를 조정하기 위해서 이것을 사용하십시오. b00 0000 0000: Reserved 사용금지 $\text{CH1_FREF_DIVIDER} \geq \text{b00 0000 0001:}$ $f_{\text{REF1}} = f_{\text{CLK}}/\text{CH1_FREF_DIVIDER}$			

6.6.20. address 0x16, CLOCK_DIVIDERS_CH2 (LDC1314 만)

15	14	13	12	11	10	9	8
CH2_FIN_DIVIDER				RESERVED		CH2_FREF_DIVIDER	
7	6	5	4	3	2	1	0
CH2_FREF_DIVIDER							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:12	CH2_SETTLECOUNT	R/W	0000	CH2 입력을 위한 입력 분배기의 분배 설정. 만약 센서 주파수가 $\geq 8.75\text{MHz}$ 이면 ≥ 2 로 설정해야 함 b0000: Reserved 영역 사용 금지. $\text{CH0_FIN_DIVIDER} \geq \text{b0001}: f_{\text{IN2}} = f_{\text{SENSOR2}}/\text{CH2_FIN_DIVIDER}$			
11:10	RESERVED	R/W	00	Reserved. b00 으로 설정			
9:0	CH2_FREF_DIVIDER	R/W	00 0000 0000	CH2 참조를 위한 참조 분배기의 분배 설정. 최대 변환 주파수를 조정하기 위해서 이것을 사용하십시오. b00 0000 0000: Reserved 사용금지 $\text{CH2_FREF_DIVIDER} \geq \text{b00 0000 0001}: f_{\text{REF2}} = f_{\text{CLK}}/\text{CH2_FREF_DIVIDER}$			

6.6.21. address 0x17, CLOCK_DIVIDERS_CH3 (LDC1314 만)

15	14	13	12	11	10	9	8
CH3_FIN_DIVIDER				RESERVED		CH3_FREF_DIVIDER	
7	6	5	4	3	2	1	0
CH3_FREF_DIVIDER							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:12	CH3_SETTLECOUNT	R/W	0000	CH3 입력을 위한 입력 분배기의 분배 설정. 만약 센서 주파수가 $\geq 8.75\text{MHz}$ 이면 ≥ 2 로 설정해야 함 b0000: Reserved 영역 사용 금지. $\text{CH3_FIN_DIVIDER} \geq \text{b0001}: f_{\text{IN3}} = f_{\text{SENSOR3}}/\text{CH3_FIN_DIDVER}$			
11:10	RESERVED	R/W	00	Reserved. b00 으로 설정			
9:0	CH3_FREF_DIVIDER	R/W	00 0000 0000	CH3 참조를 위한 참조 분배기의 분배 설정. 최대 변환 주파수를 조정하기 위해서 이것을 사용하십시오. b00 0000 0000: Reserved 사용금지 $\text{CH3_FREF_DIVIDER} \geq \text{b00 0000 0001}: f_{\text{REF3}} = f_{\text{CLK}}/\text{CH3_FREF_DIVIDER}$			

6.6.22. address 0x18, STATUS

15	14	13	12	11	10	9	8
ERR_CHAN		ERR_UR	ERR_OR	ERR_WD	ERR_AHE	ERR_ALE	ERR_ZC
7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED	DRDY	RESERVED		CH0_UNREAD CONV	CH1_UNREAD CONV	CH2_UNREAD CONV	CH3_UNREAD CONV
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:14	ERR_CHAN	R	00	<p>오류 채널 어느 채널에서 플래그나 오류가 발생했는지 표시함. 일단 플래그가 지정되면 모든 오류는 해당 오류 채널의 STATUS 레지스터나 DATA_CHx 레지스터를 읽기 전까지 유지됩니다.</p> <p>b00: CH0 플래그 또는 오류 소스 b01: CH1 플래그 또는 오류 소스 b10: CH2 플래그 또는 오류 소스 (LDC1314 만) b11: CH3 플래그 또는 오류 소스 (LDC1314 만)</p>			
13	ERR_UR	R	0	<p>변환 범위 미만 오류 b0: STATUS 레지스터를 마지막으로 읽은 이후 변환 범위 미만 오류가 없음 b1: 채널에 변환 범위 미만 오류가 발생. STATUS.ERR_CHAN 은 어느 채널에서 오류가 발생했는지 알려줍니다.</p>			
12	ERR_OR	R	0	<p>변환 범위 초과 오류 b0: STATUS 레지스터를 마지막으로 읽은 이후 변환 범위 초과 오류가 없음 b1: 채널에 변환 범위 초과 오류가 발생. STATUS.ERR_CHAN 은 어느 채널에서 오류가 발생했는지 알려줍니다.</p>			
11	ERR_WD	R	0	<p>Watchdog 타임아웃 오류 b0: STATUS 레지스터를 마지막으로 읽은 이후 Watchdog 타임아웃 오류가 없음 b1: 채널에 Watchdog 타임아웃 오류 발생. STATUS.ERR_CHAN 은 어느 채널에서 오류가 발생했는지 알려줍니다.</p>			
10	ERR_AHE	R	0	<p>진폭 높음 오류 b0: STATUS 레지스터를 마지막으로 읽은 이후 진폭 높음 오류가 없음 b1: 채널에 진폭 높음 오류 발생. STATUS.ERR_CHAN 은 어느 채널에서 오류가 발생했는지 알려줍니다.</p>			
9	ERR_ALE	R	0	<p>진폭 낮음 오류 b0: STATUS 레지스터를 마지막으로 읽은 이후 진폭 낮음 오류가 없음 b1: 채널에 진폭 낮음 오류 발생. STATUS.ERR_CHAN 은 어느 채널에서 오류가 발생했는지 알려줍니다.</p>			
8	ERR_ZC	R	0	<p>카운터 제로(Zero) 오류 b0: STATUS 레지스터를 마지막으로 읽은 이후 카운터 제로(Zero) 오류가 없음 b1: 채널에 카운터 제로(Zero) 오류 발생. STATUS.ERR_CHAN 은 어느 채널에서 오류가 발생했는지 알려줍니다.</p>			
6	DRDY	R	0	Data Ready Flag			

				b0: STATUS 레지스터에 기록된 새로운 변환 결과가 없음. b1: 새로운 변환 결과가 준비되었음을 나타냅니다. 싱글 채널 변환일 경우 이것은 싱글 변환이 되었음을 나타내고, 순차 모드일 경우 이것은 모든 활성 채널에 새로운 변환 값이 있음을 나타냅니다.
3	CH0_UNREADCONV	R	0	CH0 에 읽지 않은 변환이 있음 b0: CH0 읽지 않은 변환이 없음 b1: CH0 에 하나의 읽지 않은 변환이 있음. 변환 결과를 읽기 위해 DATA_CH0 레지스터를 읽으십시오.
2	CH1_UNREADCONV	R	0	CH1 에 읽지 않은 변환이 있음 b0: CH1 읽지 않은 변환이 없음 b1: CH1 에 하나의 읽지 않은 변환이 있음. 변환 결과를 읽기 위해 DATA_CH1 레지스터를 읽으십시오.
1	CH2_UNREADCONV	R	0	CH2 에 읽지 않은 변환이 있음 b0: CH2 읽지 않은 변환이 없음 b1: CH2 에 하나의 읽지 않은 변환이 있음. 변환 결과를 읽기 위해 DATA_CH2 레지스터를 읽으십시오. (LDC1314 만)
0	CH3_UNREADCONV	R	0	CH3 에 읽지 않은 변환이 있음 b0: CH3 읽지 않은 변환이 없음 b1: CH3 에 하나의 읽지 않은 변환이 있음. 변환 결과를 읽기 위해 DATA_CH3 레지스터를 읽으십시오. (LDC1314 만)

6.6.23. address 0x19, ERROR_CONFIG

15	14	13	12	11	10	9	8
UR_ERR2OUT	OR_ERR2OUT	WD_ERR2OUT	AH_ERR2OUT	AL_ERR2OUT	RESERVED		
7	6	5	4	3	2	1	0
UR_ERR2INT	OR_ERR2INT	WD_ERR2INT	AH_ERR2INT	AL_ERR2INT	ZC_ERR2INT	RESERVED	DRDY_2INT
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15	UR_ERR2OUT	R/W	0	변환 범위 미만 오류 출력 레지스터 b0: DATA_CHx 레지스터에서 변환 범위 미만 오류를 보고 받지 않음 b1: DATA_CHx.레지스터에서 변환 범위 미만 오류를 보고 받음. 해당 채널의 CHx_ERR_UR 레지스터에서 오류를 발생시킴.			
14	OR_ERR2OUT	R/W	0	변환 범위 초과 오류 출력 레지스터 b0: DATA_CHx 레지스터에서 변환 범위 초과 오류를 보고 받지 않음 b1: DATA_CHx.레지스터에서 변환 범위 초과 오류를 보고 받음. 해당 채널의 CHx_ERR_OR 레지스터에서 오류를 발생시킴.			
13	WD_ERR2OUT	R/W	0	Watchdog 타임아웃 출력 레지스터 b0: DATA_CHx 레지스터에서 Watchdog 타임아웃 오류를 보고 받지 않음 b1: DATA_CHx.레지스터에서 Watchdog 타임아웃 오류를 보고 받음. 해당 채널의 CHx_ERR_WD 레지스터에서 오류를 발생시킴.			
12	AH_ERR2OUT	R/W	0	진폭 높음 오류 출력 레지스터			

				b0: DATA_CHx 레지스터에서 진폭 높음 오류를 보고 받지 않음 b1: DATA_CHx.레지스터에서 진폭 높음 오류를 보고 받음. 해당 채널의 CHx_ERR_AE 레지스터에서 오류를 발생시킴
11	AL_ERR2OUT	R/W	0	진폭 낮음 오류 출력 레지스터 b0: DATA_CHx 레지스터에서 진폭 낮음 오류를 보고 받지 않음 b1: DATA_CHx.레지스터에서 진폭 낮음 오류를 보고 받음. 해당 채널의 CHx_ERR_AE 레지스터에서 오류를 발생시킴
7	UR_ERR2INT	R/W	0	범위 미만 오류 인터럽트 b0: 범위 미만 오류 보고를 STATUS 레지스터와 INTB 를 통해 받지 않음 b1: 범위 미만 오류 보고를 STATUS.ERR_UR 레지스터 필드와 INTB 를 통해 받음
6	OR_ERR2INT	R/W	0	범위 초과 오류 인터럽트 b0: 범위 초과 오류 보고를 STATUS 레지스터와 INTB 를 통해 받지 않음 b1: 범위 초과 오류 보고를 STATUS.ERR_OR 레지스터 필드와 INTB 를 통해 받음
5	WD_ERR2INT	R/W	0	Watchdog 타임아웃 오류 인터럽트 b0: Watchdog 타임아웃 오류 보고를 STATUS 레지스터와 INTB 를 통해 받지 않음 b1: Watchdog 타임아웃 오류 보고를 STATUS.ERR_WD 레지스터 필드와 INTB 를 통해 받음
4	AH_ERR2INT	R/W	0	진폭 높음 오류 인터럽트 b0: 진폭 높음 오류 보고를 STATUS 레지스터와 INTB 를 통해 받지 않음 b1: 진폭 높음 오류 보고를 STATUS.ERR_AHE 레지스터 필드와 INTB 를 통해 받음
3	AL_ERR2INT	R/W	0	진폭 낮음 오류 인터럽트 b0: 진폭 낮음 오류 보고를 STATUS 레지스터와 INTB 를 통해 받지 않음 b1: 진폭 낮음 오류 보고를 STATUS.ERR_ALE 레지스터 필드와 INTB 를 통해 받음
2	ZC_ERR2INT	R/W	0	카운터 제로(Zero) 오류 인터럽트 b0: 카운터 제로(Zero) 오류 보고를 STATUS 레지스터와 INTB 를 통해 받지 않음 b1: 카운터 제로(Zero) 오류 보고를 STATUS.ERR_ZC 레지스터 필드와 INTB 를 통해 받음
1	RESERVED	R/W	0	Reserved(0 으로 설정)
0	DRDY_2INT	R/W	0	Data Ready 플래그 인터럽트 b0: Data Ready 플래그 보고를 STATUS 레지스터와 INTB 를 통해 받지 않음 b1: Data Ready 플래그 보고를 STATUS.DRDY 레지스터 필드와 INTB 를 통해 받음

6.6.24. address 0x1A, CONFIG

15	14	13	12	11	10	9	8
ACTIVE_CHAN		SLEEP_MODE_EN	RP_OVERRIDE_EN	SENSOR_ACTIVATE_SEL	AUTO_AMP_DIS	REF_CLK_SRC	RESERVED
7	6	5	4	3	2	1	0
INTB_DIS	HIGH_CURRENT_DRV	RESERVED					
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:14	ACTIVE_CHAN	R/W	00	<p>활성 채널 선택</p> <p>MUX_CONFIGI.SEQUENTIAL 이 0 일 때 연속 변환을 위한 채널을 선택하십시오.</p> <p>b00: CH0 연속 변환 수행</p> <p>b01: CH1 연속 변환 수행</p> <p>b10: CH2 연속 변환 수행 (LDC1314 만)</p> <p>b11: CH3 연속 변환 수행 (LDC1314 만)</p>			
13	SLEEP_MODE_EN	R/W	1	<p>슬립 모드 활성화</p> <p>저 전력 슬립 모드로 진입하거나 빠져나옵니다.</p> <p>b0: 디바이스 활성화</p> <p>b1: 디바이스 슬립 모드로 진입</p>			
12	RP_OVERRIDE_EN	R/W	0	<p>센서 R_p 치환(Override) 활성화</p> <p>Ch.x 의 변환 시간 동안 CHx_IDREVE 필드에 프로그래밍 된 값을 기반으로 센서 전류 구동 제어로 지원합니다.</p> <p>b0: 치환 중지</p> <p>b1: R_p 치환 가동</p>			
11	SENSOR_ACTIVATE_SEL	R/W	1	<p>센서 활성화 모드 선택</p> <p>센서 초기화를 위한 모드를 설정합니다</p> <p>b0: 전체 전류 활성화 모드 - LDC 는 센서 활성화 시간을 단축하기 위해 최대 센서 전류로 구동될 것입니다.</p> <p>b1: 저 전력 활성화 모드 - LDC 는 센서 활성화에서 최소 전류를 사용하기 위하여 DRIVE_CURRENT_CHx 에 프로그래밍 된 값을 사용합니다.</p>			
10	AUTO_AMP_DIS	R/W	0	<p>자동 센서 진폭 보정 비활성화</p> <p>이 비트는 자동 진폭 보정 알고리즘이 비활성화 되고 CHx_INIT_IDRIVE 필드의 업데이트가 중지됩니다.</p> <p>b0: 자동 진폭 보정 활성화</p> <p>b1: 자동 진폭 보정 비활성화(정밀 어플리케이션에서는 비활성화를 하는 것이 좋습니다.)</p>			
9	REF_CLK_SRC	R/W	0	<p>참조 주파수 소스를 선택</p> <p>b0: 참조 주파수로 내부 오실레이터 사용</p> <p>b1: 참조 주파수는 CLKIN 핀에서 제공되는 주파수를 사용</p>			
8	RESERVED	R/W	0	Reserved 0 으로 설정			
7	INTB_DIS	R/W	0	<p>INTB 비활성화</p> <p>b0: INTB 핀은 상태 레지스터가 업데이트 될 때 활성화 됩니다.</p> <p>b1: INTB 핀은 상태 레지스터가 업데이트 변경되지 않습니다.</p>			
6	HIGH_CURRENT_DRV	R/W	0	<p>고 전류 센서 구동</p> <p>b0: LDC 의 모든 채널은 일반 센서 전류(1.5mA 이하)로 구동됩니다.</p>			

				b1: LDC 채널 0 에서는 >1.5mA 로 구동됩니다. 이 모드는 AUTOSCAN_EN = b1(다중 채널 모드)에서는 동작하지 않습니다.
5:0	RESERVED	R/W	00 0001	Reserved. b00 0001 로 설정하십시오.

6.6.25. address 0x1B, MUX_CONFIG

15	14	13	12	11	10	9	8
AUTOSCAN_EN	RR_SEQUENCE		RESERVED				
7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED					DEGLITCH		
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15	AUTOSCAN_EN	R/W	0	자동 스캔 모드 활성화 b0: CONFIG.ACTIVE_CHAN 레지스터 필드에 의해 싱글 채널에서 선택된 연속 변환 b1: MUX_CONFIG.RR_SEQUENCE 레지스터 필드에 의해 선택된 대로 자동 스캔 변환 수행			
14:13	RR_SEQUENCE	R/W	00	자동 스캔 시퀀스 설정이 다중 채널 시퀀스로 설정. LDC 는 선택된 시퀀스의 각 채널에서 싱글 변환을 수행한 다음 연속적으로 다음 시퀀스를 다시 시작할 것입니다. b00: CH0, CH1 b01: CH0, CH1, CH2 (LDC1314 만) b10: CH0, CH1, CH2, CH3 (LDC1314 만) b11: CH0, CH1			
12:3	RESERVED	R/W	00 0100 0001	Reserved. 반드시 b00 0100 0001			
2:0	DEGLITCH	R/W	111	입력 Deglitch 필터 밴드 폭 발진기의 발진 주파수를 초과하는 최저값을 설정을 사용하십시오. b001: 1MHz b100: 3.3MHz b101: 10MHz b111: 33MHz			

6.6.26. address 0x1C, RESET_DEV

15	14	13	12	11	10	9	8
RESET_DEV	RESERVED				OUTPUT_GAIN		RESERVED
7	6	5	4	3	2	1	0
RESERVED							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15	RESET_DEV	R/W	0	디바이스 리셋 디바이스를 리셋 하기 위해서는 b1 을 쓰십시오. 읽을 때는 항상 0 으로 읽어옵니다.			
14:11	RESERVED	R/W	0000	Reserved. b0000 으로 설정하십시오.			
10:9	OUTPUT_GAIN	R/W	00	출력 이득 제어			

				00: Gain = 1(0 비트 시프트) 01: Gain = 4(2 비트 시프트) 10: Gain = 8(3 비트 시프트) 11: Gain = 16(4 비트 시프트)
8:0	RESERVED	R/W	00 0000 0000	Reserved. b00 0000 0000 으로 설정

6.6.27. address 0x1E, DRIVE_CURRENT_CH0

15	14	13	12	11	10	9	8
CH0_IDRIVE					CH0_INIT_IDRIVE		
7	6	5	4	3	2	1	0
CH0_INIT_IDRIVE		RESERVED					
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:11	CH0_IDRIVE	R/W	0 0000	CH0 L-C 센서 구동 전류 이 필드는 CH0 센서 클럭의 안정화 시간 + 변환 시간 동안 사용하는 구동 전류를 정의합니다. RP_OVERRIDE_EN 는 반드시 1 로 설정되어야 합니다.			
10:6	CH0_INIT_IDRIVE	R	0 0000	CH0 센서 전류 구동 이 필드는 초기 진폭 보정 구간 동안 계산된 초기 구동 전류 저장합니다. AUTO_AMP_DIS 필드가 설정되어 있지 않은 경우에는 센서 클럭의 진폭 보정 구간 후에 업데이트 됩니다.			
5:0	RESERVED	-	00 0000	Reserved.			

6.6.28. address 0x1F, DRIVE_CURRENT_CH1

15	14	13	12	11	10	9	8
CH1_IDRIVE					CH1_INIT_IDRIVE		
7	6	5	4	3	2	1	0
CH1_INIT_IDRIVE		RESERVED					
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:11	CH1_IDRIVE	R/W	0 0000	CH1 L-C 센서 구동 전류 이 필드는 CH1 센서 클럭의 안정화 시간 + 변환 시간 동안 사용하는 구동 전류를 정의합니다. RP_OVERRIDE_EN 는 반드시 1 로 설정되어야 합니다.			
10:6	CH1_INIT_IDRIVE	R	0 0000	CH1 센서 전류 구동 이 필드는 초기 진폭 보정 구간 동안 계산된 초기 구동 전류 저장합니다. AUTO_AMP_DIS 필드가 설정되어 있지 않은 경우에는 센서 클럭의 진폭 보정 구간 후에 업데이트 됩니다.			
5:0	RESERVED	-	00 0000	Reserved.			

6.6.29. address 0x20, DRIVE_CURRENT_CH2 (LDC1314 만)

15	14	13	12	11	10	9	8
CH2_IDRIVE					CH2_INIT_IDRIVE		
7	6	5	4	3	2	1	0
CH2_INIT_IDRIVE		RESERVED					
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:11	CH2_IDRIVE	R/W	0 0000	CH2 L-C 센서 구동 전류 이 필드는 CH2 센서 클럭의 안정화 시간 + 변환 시간 동안 사용하는 구동 전류를 정의합니다. RP_OVERRIDE_EN 는 반드시 1 로 설정되어야 합니다.			
10:6	CH2_INIT_IDRIVE	R	0 0000	CH2 센서 전류 구동 이 필드는 초기 진폭 보정 구간 동안 계산된 초기 구동 전류 저장합니다. AUTO_AMP_DIS 필드가 설정되어 있지 않은 경우에는 센서 클럭의 진폭 보정 구간 후에 업데이트 됩니다.			
5:0	RESERVED	-	00 0000	Reserved.			

6.6.30. address 0x21, DRIVE_CURRENT_CH3 (LDC1314 만)

15	14	13	12	11	10	9	8
CH3_IDRIVE					CH3_INIT_IDRIVE		
7	6	5	4	3	2	1	0
CH3_INIT_IDRIVE		RESERVED					
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:11	CH3_IDRIVE	R/W	0 0000	CH3 L-C 센서 구동 전류 이 필드는 CH3 센서 클럭의 안정화 시간 + 변환 시간 동안 사용하는 구동 전류를 정의합니다. RP_OVERRIDE_EN 는 반드시 1 로 설정되어야 합니다.			
10:6	CH3_INIT_IDRIVE	R	0 0000	CH3 센서 전류 구동 이 필드는 초기 진폭 보정 구간 동안 계산된 초기 구동 전류 저장합니다. AUTO_AMP_DIS 필드가 설정되어 있지 않은 경우에는 센서 클럭의 진폭 보정 구간 후에 업데이트 됩니다.			
5:0	RESERVED	-	00 0000	Reserved.			

6.6.31. address 0x7E, MANUFACTURER_ID

15	14	13	12	11	10	9	8
MANUFACTURER_ID							
7	6	5	4	3	2	1	0
MANUFACTURER_ID							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:0	MANUFACTURER_ID	R	0101 0100 0100 1001	제조사 ID = 0x5449			

6.6.32. address 0x7F, DIVECD_ID

15	14	13	12	11	10	9	8
DEVICE_ID							
7	6	5	4	3	2	1	0
DEVICE_ID							
Bit	Field	Type	Reset	Description			
15:0	DEVICE_ID	R	0011 0000 0101 0100	디바이스 ID = 0x3054			

7. 어플리케이션과 구현

다음 어플리케이션 장의 정보는 II 부품 사양의 부분이 아니며, II는 정확성과 완전성을 보장하지 않습니다. II의 고객은 자신의 목적에 맞는 구성 요소의 적합성을 결정할 책임이 있습니다. 고객은 시스템 기능을 확인하기 위해 설계 구현을 검증하고 테스트 해야합니다.

7.1. 어플리케이션 정보

7.1.1. 운용 이론

7.1.1.1. EM 필드의 전도성 객체

인덕터를 통해 흐르는 AC 전류는 AC 자기 필드를 발생시킵니다. 만약 금속과 같은 전도성 물질을 인덕터의 부근으로 가져오면 그 자기 필드는 전도체의 표면에 순환 전류(와 전류 - Eddy Current)를 유도할 것입니다.

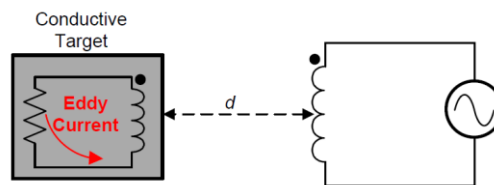


Figure 50. Conductor in AC Magnetic Field

와 전류(Eddy Current)는 유도체의 구성, 거리, 크기의 함수입니다. 와 전류(Eddy Current)는 센서 인덕터에 의해 생성되는 원래의 필드와 반대되는 자신의 자기 필드를 발생시킵니다. 이 효과는 센서 인덕터가 1 차 권선이고 대상 물체에서의 와 전류(Eddy Current)는 2 차 인덕터를 나타내는 결합 인덕터 세트와 동일합니다. 인덕터들 사이의 결합은 센서 인덕터의 저항, 거리, 크기, 그리고 대상 물체의 모양의 함수입니다. 와 전류(Eddy Current)에 의해 야기되는 2 차 권선의 저항과 인덕턴스는 1 차측(코일)에서 저항성과 유도성의 부품에 의존하는 거리로 모델링 할 수 있습니다. Figure50 은 결합된 코일처럼 센서와 대상물의 간단한 회로 모델을 보여줍니다.

7.1.1.2. L-C 공진기

EM 필드는 L-C 공진기나 L-C 탱크를 사용해서 발생시킬 수 있습니다. L-C 탱크의 하나의 토폴로지는 Figure51 과 같은 병렬 R-L-C 구성입니다.

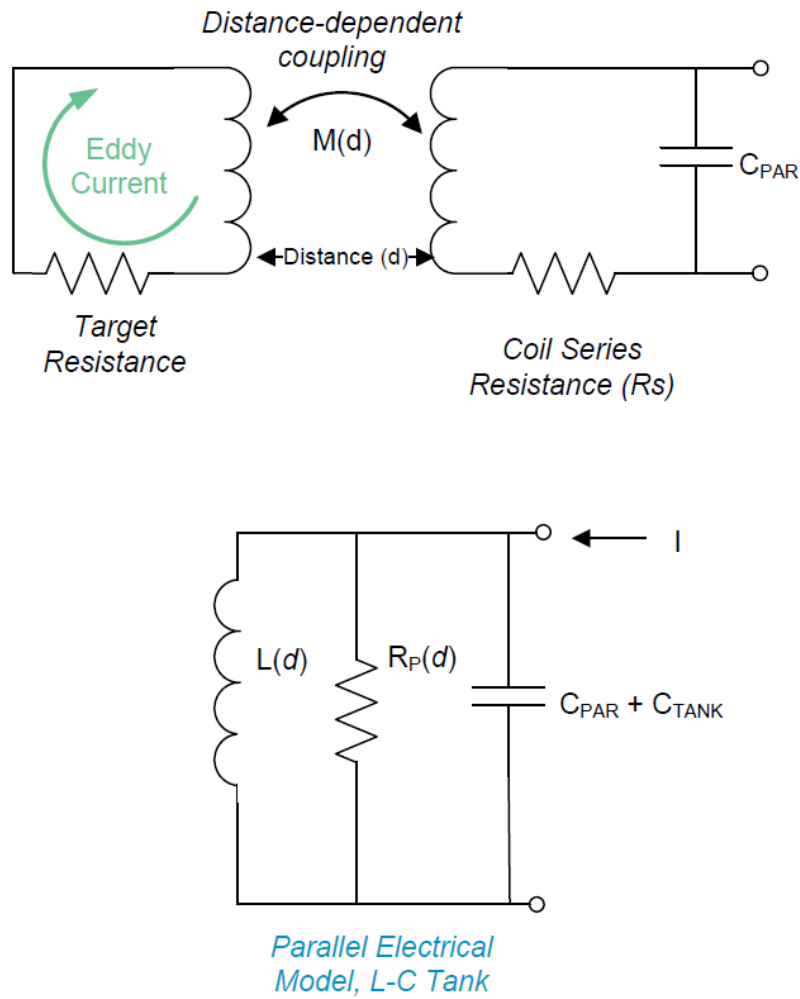


Figure 51. Electrical Model of the L-C Tank Sensor

간단히 말해, 발진기는 폐 회로에서 이득(Gain) 블록과 함께 주파수 선택 회로의 조합으로 구성됩니다. 발진에 대한 기준은 (1) 루프 이득 >1 이고, (2) 2π 라디안의 폐 루프 구간 이동 입니다. 발진기와 관련하여 R-L-C 공진기는 주파수 선택도를 제공하고 위상 이동의 원인이 됩니다. 공진에서 리액턴스 성분(L, C)의 임피던스는 회로에서 손실(저항성)요소인 R_p 만 남기고 상쇄되고 전압 진폭은 최대가 됩니다. R_p 는 센서 구동 전류를 정의하기 위해 사용할 수 있습니다. R_p 가 낮을수록 일정한 발진 진폭을 유지하기 위해 더 큰 센서 전류가 필요합니다. 센서 발진 주파수 f_{SENSOR} 는 다음과 같습니다.

$$f_{\text{SENSOR}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} * \sqrt{\left(1 - \frac{1}{Q^2} - \frac{5 * 10^{-9}}{Q\sqrt{LC}}\right)} \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

여기서

- C 는 센서 캐패시턴스($C_{\text{TANK}} + C_{\text{PAR}}$)
- L 은 인덕턴스

R_p 의 값은 다음과 같이 개략적으로 사용될 수 있습니다.

$$Q = R_p \sqrt{\frac{C}{L}}$$

여기서 R_s 는 인덕터의 AC 직렬 저항을 나타낸다. (?)

Texas Instruments' WEBENCH 설계 툴은 R_p , L , C 에 대한 파라미터 값이 계산되어 코일 디자인을 위해 사용할 수 있습니다. <http://www.ti.com/webench> 를 참조하십시오.

R_p 는 대상의 거리, 물질, 그리고 센서 특성에 관한 함수입니다. Figure52 는 R_p 가 센서와 대상 물체 사이의 거리에 직접적으로 비례함을 보여줍니다. 그래프는 14mm 의 PCB 코일(24 턴, 4mil 배선 폭, 4mil 배선 간격, 1 온스 동박 두께, FR4)로 표현하였습니다.

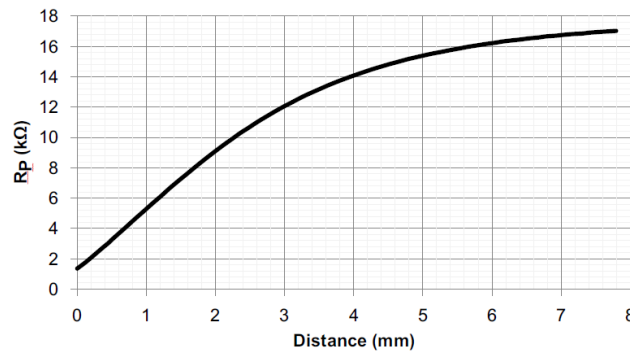


Figure 52. Example R_p vs. Distance with a 14-mm PCB Coil and 2mm Thick Stainless Steel Target

센서가 최소 R_p 값에서 계속 발진하도록 LDC 전류 구동을 구성하는 것이 중요합니다. 예를 들어 Figure52 에 보여지듯이 응답이 있는 시스템의 최단 목표 거리가 1mm 라면 이때 LDC 의 R_p 값은 5KΩ 입니다. 목적은 최소 동작 거리에서도 센서 주파수를 측정 할 수 있도록 충분한 센서 발진 전압을 유지하는 것입니다. 전류 구동의 설정을 위한 세부 사항은 전류 구동 제어 레지스터를 참조하십시오.

LDC 에서 측정되는 인덕턴스는 아래와 같습니다.

$$L(d) = L_{INF} - M(d) = \frac{1}{(2\pi * f_{SENSOR})^2 * C}$$

여기서

- $L(d)$ 는 센서 코일과 대상 물체 사이의 거리 d 에서 측정된 센서 인덕턴스
- L_{INF} 는 유도성 대상 물체가 없을 때의 센서 코일의 인덕턴스(대상이 무한의 거리에 있음)
- $M(d)$ 상호 인덕턴스
- f_{SENSOR} 는 센서 코일과 대상 물체 사이의 거리 d 에서 센서 발진 주파수
- C 는 $C_{TANK} + C_{PAR}$

Figure53 은 14mm 의 PCB 코일(24 턴, 4mil 배선 폭, 4mil 배선 간격, 1 온스 동박 두께, FR4)에 대한 거리의 함수로써 센서 주파수 와 인덕턴스의 변화의 예를 보여줍니다.

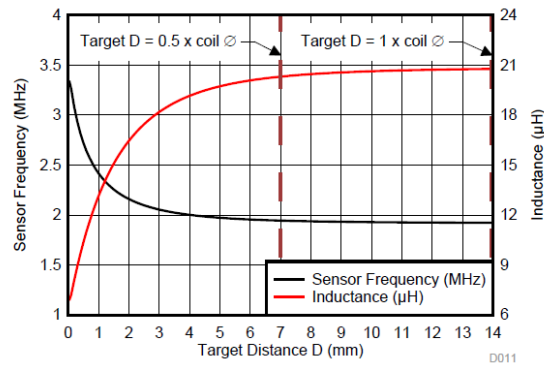


Figure 53. Example Sensor Frequency, Inductance vs. Target Distance with 14-mm PCB Coil and 1.5 mm Thick Aluminum Target

철 금속 및 페라이트와 같은 자성 재료가 없는 경우 인덕턴스 변이 및 측정 된 주파수의 변이는 단지 전류 흐름 형상에만 의존합니다. 온도 변화는 전류 흐름 구조를 변경하는 인덕터와 다른 기계적 시스템 구성 요소에 물리적 팽창에 의해 제어됩니다. 센서 캐패시터의 추가적인 온도 변화도 고려해야 합니다.

온도 영향 및 온도 보상에 대한 추가 정보는 LDC1000 온도 보상을 참조하십시오. (SNAA212)

7.2. 일반적인 어플리케이션

LDC1312 를 사용한 다중 채널 예를 구현합니다. 이 예는 목표 이동이 코일의 면에 수직인 축 방향 변위 적용을 나타냅니다. 2 번째 채널은 2 차 대상의 근접성을 감지하거나 참조 코일을 연결함으로써 온도 보상을 위해 사용할 수 있습니다.

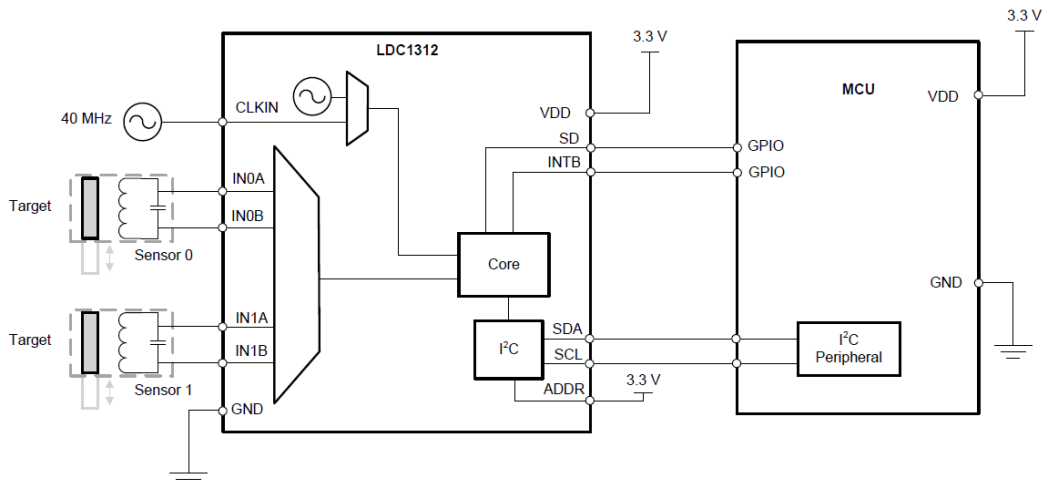


Figure 54. Example Multi-Channel Application - LDC1312

7.2.1. 설계 요구사항

- 센서 0 을 근접 측정에 사용하고 센서 1 을 온도 보상에 사용하는 설계의 예
- WEBENCH 코일 디자인을 사용
- 목표 거리 = 0.1cm

- 거리 해상도 = 0.3um
- 대상 직경 = 1cm
- 대상 재질 = 스테인리스 금속(SS416)
- 코일을 위한 PCB 층수 = 2
- 어플리케이션 1KSPS 을 요구한다($T_{SAMPLE} = 1000\mu s$)

7.2.2. 세부적인 설계 절차

목표 거리, 해상도와 직경은 WEBENCH 에 센서 코일을 설계하기 위해 입력해서 사용됩니다. 그 코일 설계 결과는 2 층 코일, 2.5cm² 면적, 직경 1.77cm, 39 턴입니다. R_p , L, C 값은 $R_p=6.6k\Omega$, $L=43.9\mu H$, $C=100pF$ 입니다.

$$L \text{ 과 } C \text{ 를 이용하여 } f_{SENSOR} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{43.9 \times 10^{-6} \times 100 \times 10^{-12}}} = 2.4MHz$$

CLKIN 핀에 40MHZ 시스템마스터 클럭을 사용하면 내부 클럭 주파수를 유연하게 설정 할 수 있습니다. 센서 코일은 채널 0 에 연결됩니다. (IN0A, IN0B)

LDC 에 전원을 인가한 후, 그것은 슬립 모드가 될 것입니다. 레지스터를 다음과 같이 프로그래밍 하십시오. (예제는 채널 0 에 대한 레지스터 설정만 있지만 채널 1 에도 동일한 설정을 사용할 수 있습니다.)

- 채널 0 에 분배를 설정
 - 센서 주파수가 8.75MHz 보다 작기 때문에 센서 분배는 1 로 설정할 수 있습니다. 이는 CH_FIN_DIVIDER 필드를 0x1 로 설정하는 것을 의미합니다. 기본적으로 $f_{IN0} = f_{SENSOR} = 2.4MHz$ 입니다.
 - f_{REF} 의 설계 제약 조건은 $f_{REF} > 4 \times f_{SENSOR}$ 입니다. 20MHz 참조 주파수는 이 제약 조건을 만족하므로 참조 분배는 2 로 설정합니다. 이것은 CH0_FREF_DIVIDER 필드를 0x02 로 설정하면 됩니다.
 - 채널 0 분배 레지스터(0x14)를 위해 조합된 값은 0x1002 입니다.
- 채널 0 의 안정화 시간을 프로그램. 코일의 계산된 Q 값은 10(다중 채널과 싱글 채널 운용 참조)
 - $CH0_SETTLECOUNT \geq Q \times f_{REF0} / (16 \times f_{SENSOR0}) = 5.2$ 을 반올림하여 6 으로 설정. 시스템 오차를 고려하여 마진을 제공하기 위해 더 높은 값인 10 으로 선택합니다.
 - 레지스터 0x10 은 최소 10 으로 프로그램 되어야 합니다.
 - 안정화 시간은 $(10 \times 16) / 20000000 = 8\mu s$
 - 채널 0 SETTLECOUNT 레지스터(0x10)은 0x000A 입니다.
- $f_{REF}=20MHz$ 일 경우 채널 스위칭 딜레이는 $\sim 1\mu s$ 입니다. (다중 채널과 싱글 채널 운용 참조)
- 채널 0 에 대한 참조 카운트를 프로그래밍하여 변환 시간을 설정하십시오. 변환 시간을 위한 시간은 다음과 같습니다. $T_{SAMPLE} - \text{안정화 시간} - \text{채널 스위칭 딜레이} = 1000 - 8 - 1 = 991\mu s$

- 변환 시간 레지스터 값을 정의하기 위해 다음 방정식을 사용하여 CH0_RCOUNT 에 대해 계산하십시오. 변환 시간(t_{CO}) = $(CH0_RCOUNT * 16)/f_{REF0}$
- CH0_RCOUNT 의 값은 1238 십진수(내림)를 가집니다.
- CH0_RCOUNT 레지스터(0x08)을 0x04D6 으로 설정하십시오.
- ERROR_CONFIG 레지스터(0x19)는 기본값을 사용하십시오. 기본적으로 인터럽트는 활성화 되어 있지 않습니다.
- 센서 구동 전류: CH0_IDRIVE 필드에 값을 설정하려면 $R_p=6.6k\Omega$ 을 사용하여 Figure15 의 값을 읽습니다. 이 경우 IDRIVE 값은 18(십진수)로 설정되어야 합니다. INIT_DRIVE 전류 필드는 0x00 으로 설정되어야 합니다. DRIVE_CURRENT_CH0 레지스터(0x1E)를 위해 조합된 값은 0x9000 입니다.
- MUX_CONFIG 레지스터를 프로그래밍 하십시오.
 - 순차 모드를 사용하려면 AUTOSCAN_EN 비트를 b1 로 설정하십시오.
 - 채널 0 과 채널 1 두 채널에서 변환 결과를 받기 위해서 RR_SEQUENCE 에 b00 를 설정하십시오.
 - 입력 Deglitch 필터 밴드 폭을 3.3MHz 로 설정하기 위해서 DEGLITCH 에 b100 을 설정하십시오. 발진기 주파수를 초과하는 가장 낮은 값으로 설정하십시오.
 - MUX_CONFIG 레지스터(0x1B)를 위한 조합된 값은 0x820C 입니다.
- 마지막으로, CONFIG 레지스터를 다음에 따라 프로그래밍 하십시오.
 - CH0 을 선택하기 위해 ACTIVE_CHAN 필드를 b00 으로 설정하십시오.
 - 변환을 활성화하기 위해 SLEEP_MODE_EN 필드에 b0 를 설정하십시오.
 - 자동 보정을 비활성화 하기 위해 RP_OVERRIDE_EN 필드를 b1 로 설정하십시오.
 - 센서가 활성화 동안 전체 전류 구동을 위해 SENSOR_ACTIVATE_SEL 을 b0 로 설정하십시오.
 - 외부 클럭 소스를 사용하기 위해 REF_CLK_SRC 필드를 b1 로 설정하십시오.
 - 다른 필드들은 초기값을 사용하십시오.
 - CONFIG 레지스터(0x1A)를 위해 조합된 값은 0x1601 입니다.
- 그런 다음 레지스터 주소 0x00 과 0x02 에서 채널 0 과 채널 1 에 대한 변환 결과를 1000us 마다 읽습니다.

7.2.3. 초기 레지스터 설정 값 권장사항

세부적인 설계 절차 장에서의 구성 예를 기반으로 다른 레지스터 시퀀스를 쓰는 것을 권장합니다.

7.2.3.1. 단일 채널 운용

Address	Value	Register Name	Comments
0x08	0x04D6	RCOUNT_CH0	타이밍 요구사항에 의해 계산된 참조 카운터와 해상도 요구사항들
0x10	0x000A	SETTLECOUNT_CH0	선택된 센서를 위한 최소 안정화 시간
0x14	0x1002	CLOCK_DIVIDERS_CH0	CH0_FIN_DIVIDER = 1, CH0_FREF_DIVIDER = 2
0x19	0x0000	ERROR_CONFIG	기본값에서 상태 보고와 오류 상태에 따라 변경될 수 있음
0x1B	0x020C	MUX_CONFIG	CH0 활성화(연속 모드), 입력 deglitch 필터 밴드 폭은 3.3MHz 로 설정
0x1E	0x9000	DRIVE_CURRENT_CH0	CH0 의 센서 구동 전류를 설정
0x1A	0x1601	CONFIG	활성 채널 = CH0, 자동 진폭 보정과 자동 보정 모드 비활성화, 센서가 활성화 된 동안 전체 전류 구동 모드 활성화, 외부 발진기 사용, 변환을 시작하기 위해 디바이스를 깨움. 이 레지스터는 LDC 가 활동 모드인 동안에는 디바이스 설정을 변경할 수 없으므로 마지막에 써야 합니다.

7.2.3.2. 다중 채널 운용

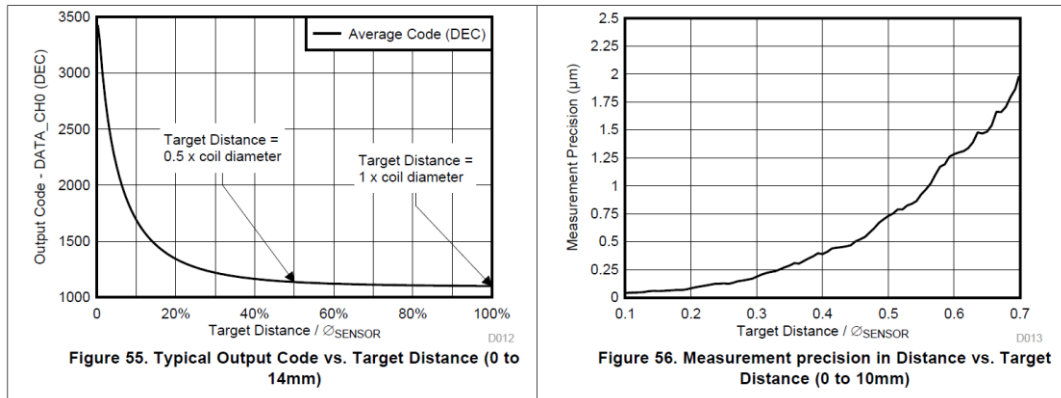
Address	Value	Register Name	Comments
0x08	0x04D6	RCOUNT_CH0	타이밍 요구사항에 의해 계산된 참조 카운터와 해상도 요구사항들
0x09	0x04D6	RCOUNT_CH1	타이밍 요구사항에 의해 계산된 참조 카운터와 해상도 요구사항들
0x10	0x000A	SETTLECOUNT_CH0	선택된 센서를 위한 최소 안정화 시간
0x11	0x000A	SETTLECOUNT_CH1	선택된 센서를 위한 최소 안정화 시간
0x14	0x1002	CLOCK_DIVIDERS_CH0	CH0_FIN_DIVIDER = 1, CH0_FREF_DIVIDER = 2
0x14	0x1002	CLOCK_DIVIDERS_CH1	CH1_FIN_DIVIDER = 1, CH1_FREF_DIVIDER = 2
0x19	0x0000	ERROR_CONFIG	기본값에서 상태 보고와 오류 상태에 따라 변경될 수 있음
0x1B	0x820C	MUX_CONFIG	CH0 과 CH1 활성화(순차 모드), 입력 deglitch 필터 밴드 폭은 3.3MHz 로 설정
0x1E	0x9000	DRIVE_CURRENT_CH0	CH0 의 센서 구동 전류를 설정
0x1F	0x9000	DRIVE_CURRENT_CH1	CH1 의 센서 구동 전류를 설정
0x1A	0x1601	CONFIG	자동 진폭 보정과 자동 보정 모드 비활성화, 센서가 활성화 된 동안 전체 전류 구동 모드 활성화, 외부 발진기 사용, 변환을 시작하기 위해 디바이스를 깨움. 이 레지스터는 LDC 가 활동 모드인 동안에는 디바이스 설정을 변경할 수 없으므로 마지막에 써야 합니다.

7.2.4. 어플리케이션 곡선

일반 테스트 조건(별도의 언급이 없는 한)

- 센서 인덕터: 2layer, 32turn/layer, 14mm 직경, 2MHz 에서 $L=19.4\mu H$, $R_p=5.7k\Omega$ 로 된 PCB 인덕터
- 센서 캐패시터: 330pF 1% COG/NP0
- 대상: 알루미늄, 1.5mm 두께
- 채널 = 채널 0(연속 모드)

- CLKIN = 40MHz, CHx_FIN_DIVIDER = 0x01, CHx_FREF_DIVIDER=0x001
- CH0_RCOUNT = 0xFFFF, SETTLECOUNT_CH0=0x0100
- RP_OVERRIDE = 1, AUTO_AMP_DIS = 1, DRIVE_CURRENT_CH0=0x9800



7.2.5. 인덕터 자체 공진 주파수

모든 인덕터는 구조와 형상에 의존하여 기생 커패시턴스가 발생하고 있습니다. 자체 공진 주파수(SRF)에서 인덕터의 리액턴스는 기생 커패시턴스의 리액턴스를 취소합니다. SRF 위의 인덕터는 전기적으로 커패시터로 보입니다. 기생 커패시턴스는 잘 제어되지 않고 안정적이지 않기 때문에 다음과 같이 권장됩니다.

$$f_{\text{SENSOR}} < 0.8 \cdot f_{\text{SR}}$$

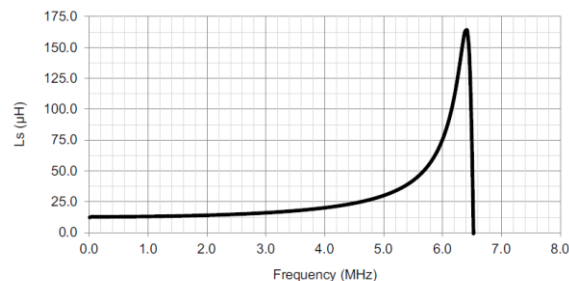


Figure 57. Example Coil Inductance vs. Frequency

Figure 57 에서 인덕터는 6.38MHz 에서 SRF 를 갖습니다. 따라서 인덕터는 $0.8 \cdot 6.38\text{MHz}$ 또는 5.1MHz 이상에서 작동해서는 안 됩니다.

8. 전원 공급 권장사항

- LDC 는 2.7V 에서 3.6V 의 전원 공급을 해야합니다. VDD 와 GND 핀 사이에 1μF 의 다층 세라믹 바이패스 X7R 커패시터가 권장됩니다. 전원 공급 장치가 LDC 로부터 몇 인치 이상 떨어져 있으면, 세라믹 바이패스 커패시터 이외에 추가적으로 벌크 커패시턴스가 필요할 수도 있습니다. 값이 10μF 인 전해 커패시터가 일반적으로 선정됩니다.

- 최적의 배치는 VDD 와 GND 단자에 가까운 것이 좋습니다. IC 의 VDD 단자와 GND 단자와 바이패스 커패시터에 의해 형성되는 루프 영역을 최소화 하려면 주의가 필요합니다. Figure58 의 레이아웃 샘플을 참조하십시오.

9. 레이아웃

9.1. 레이아웃 가이드라인

센서를 LDC 에 연결하기 위해 긴 배선은 피하십시오. 짧은 배선은 센서 인덕터 사이의 기생 커패시턴스를 줄여주고 더 높은 시스템 성능을 제공합니다.

9.2. 레이아웃 샘플

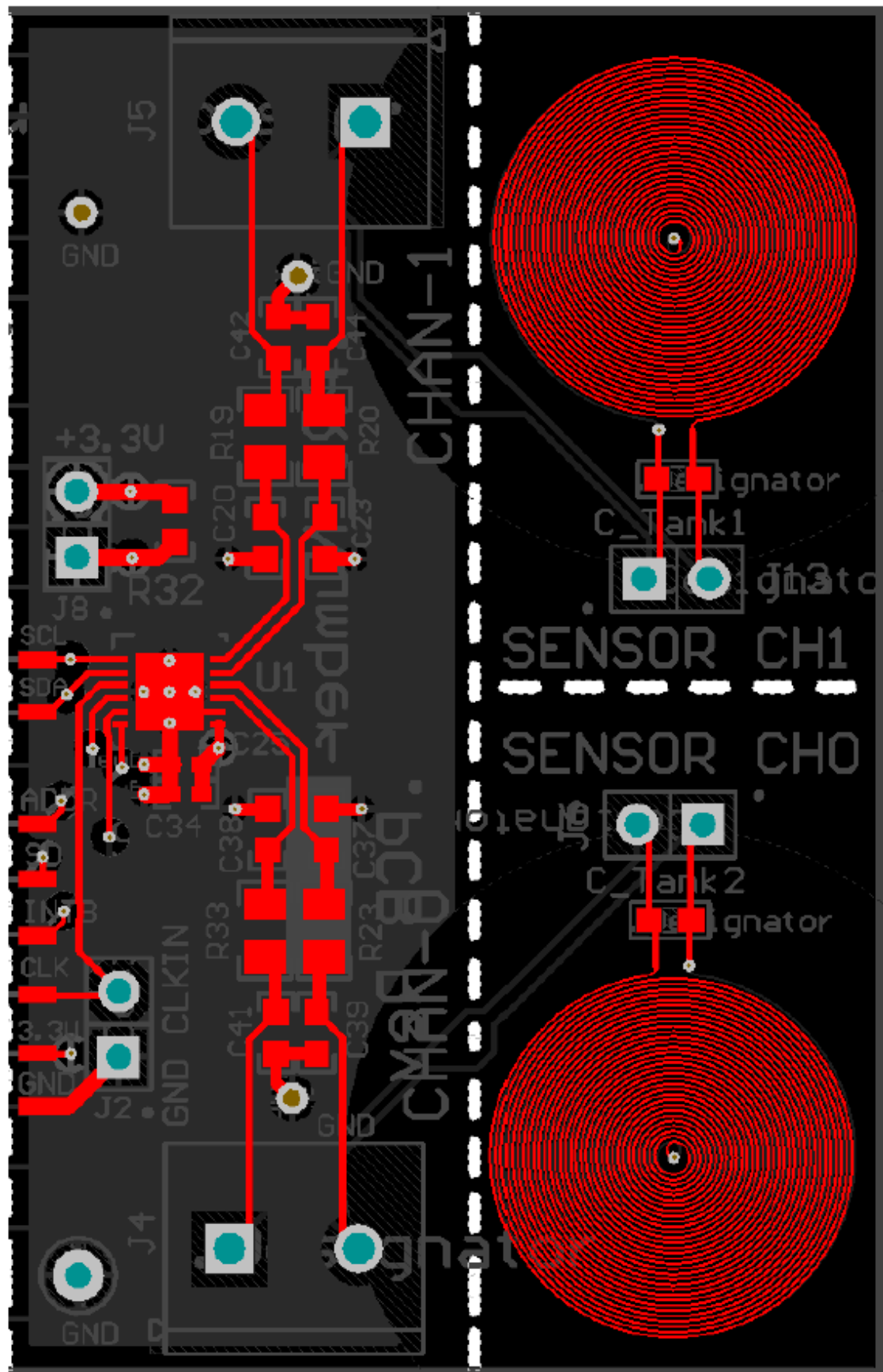


Figure 58. Example PCB Layout: Top Layer (Signal)

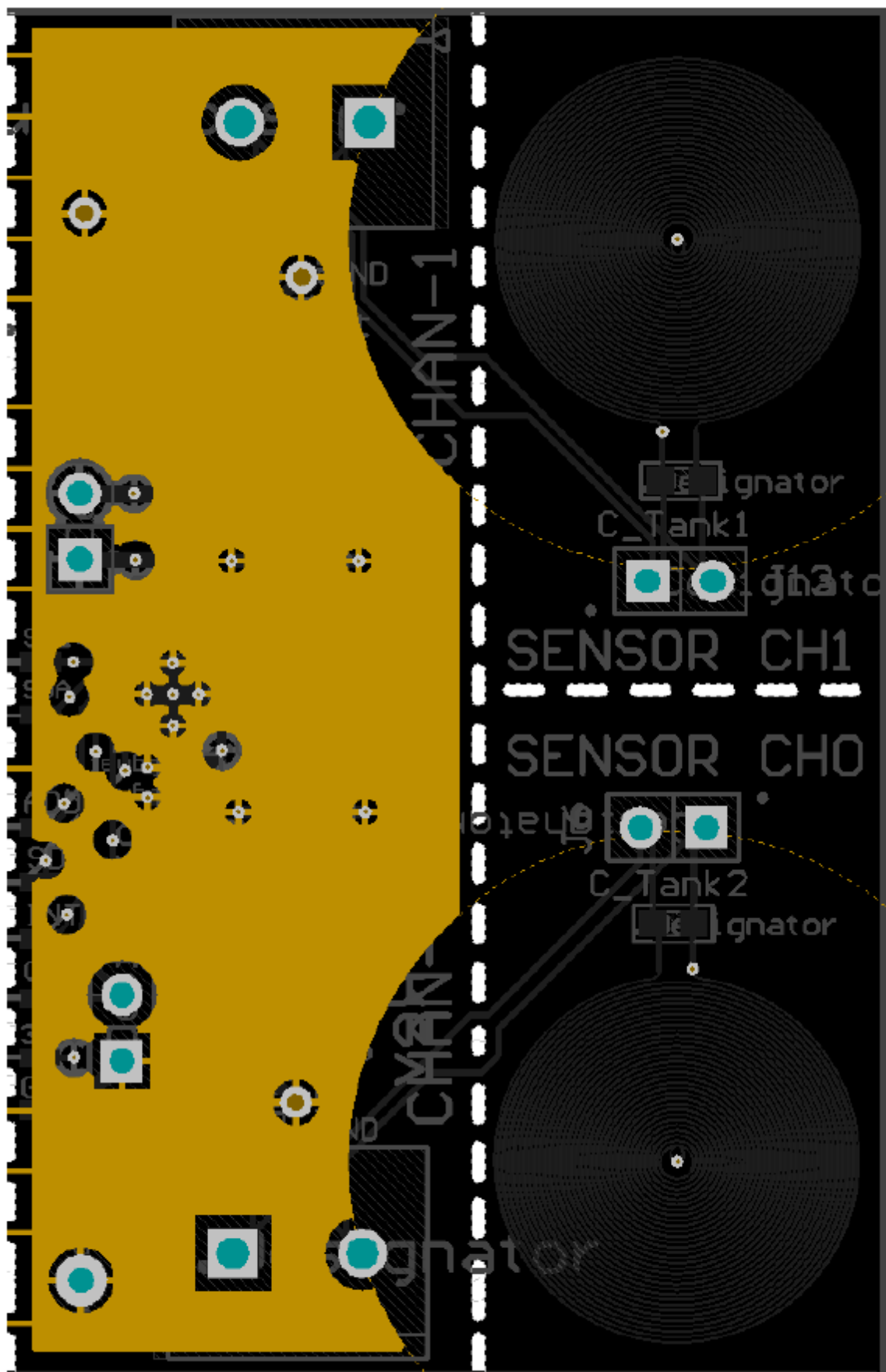


Figure 59. Example PCB Layout: Mid-layer 1 (GND)

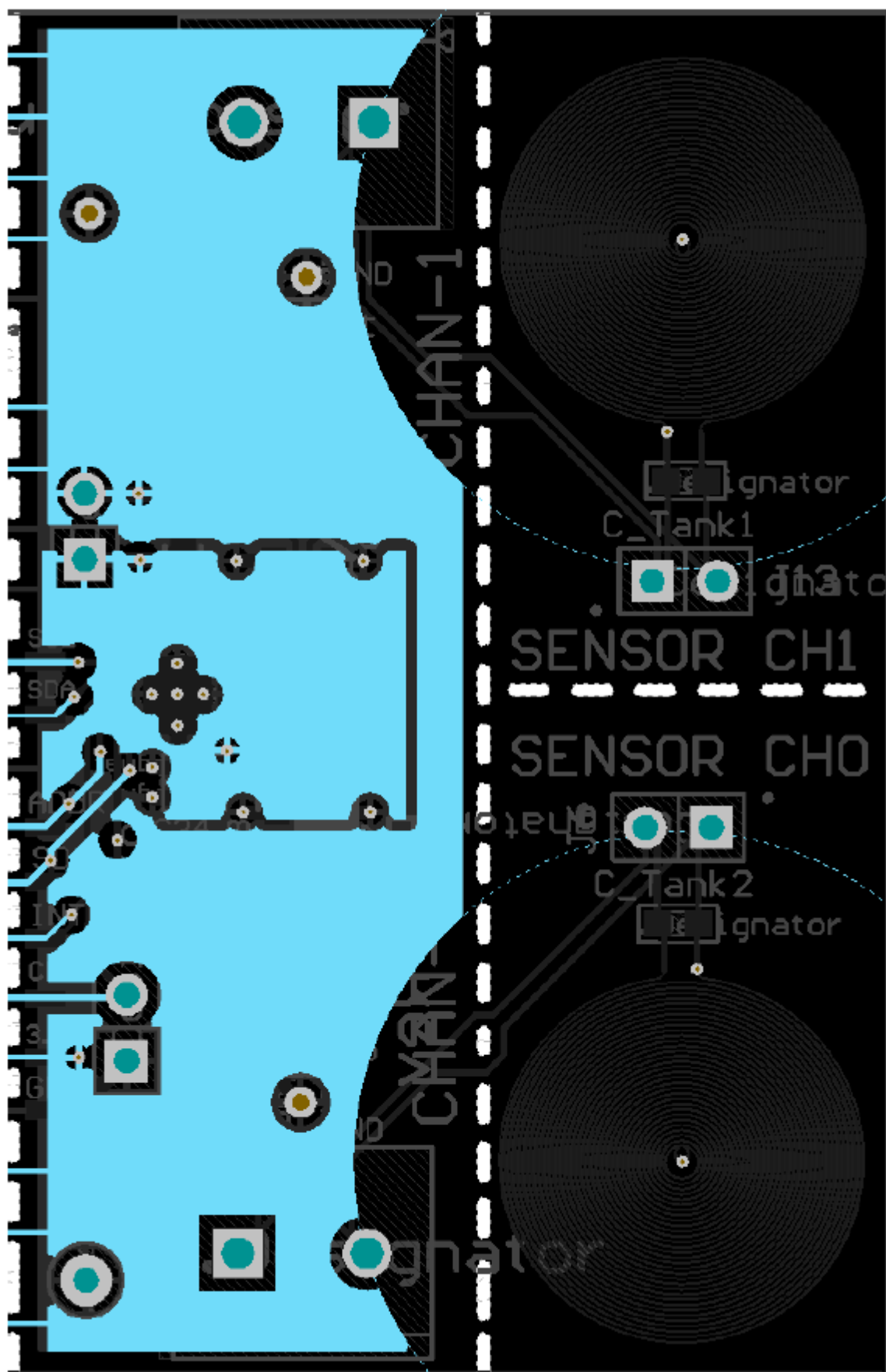
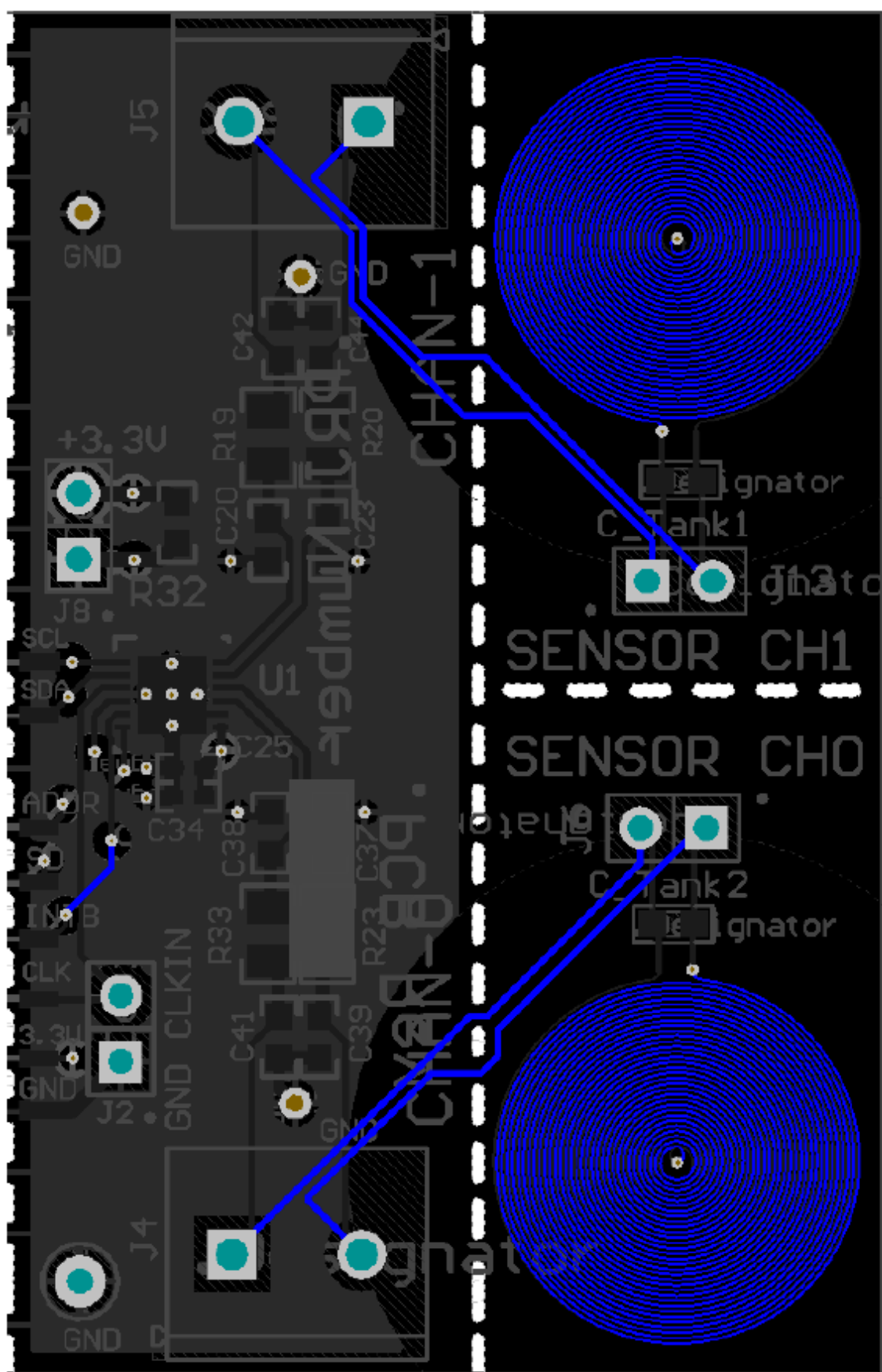
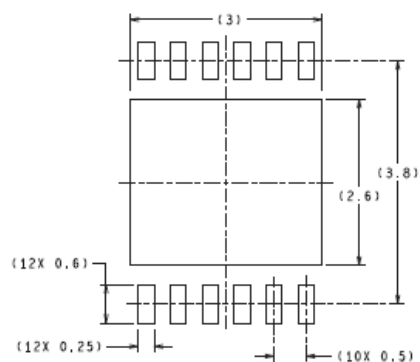
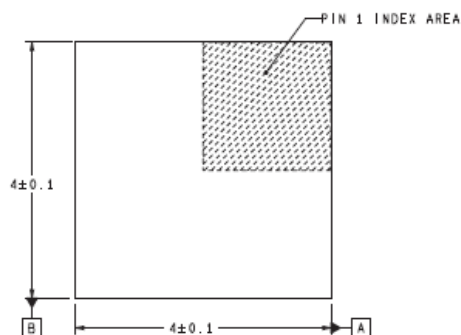


Figure 60. Example PCB Layout: Mid-layer 2 (Power)

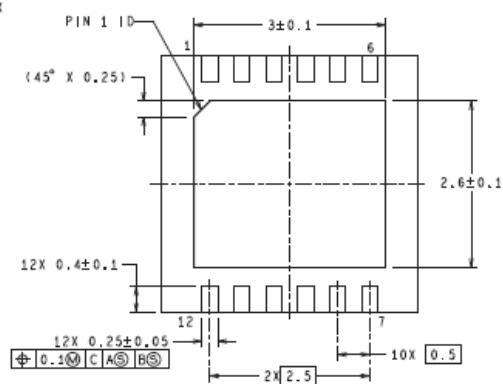
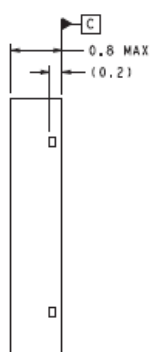
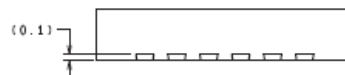




RECOMMENDED LAND PATTERN



DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
DIMENSIONS IN () FOR REFERENCE ONLY



SDA12B (RevA)

4214928/A 03/2013

- NOTES: 1. All linear dimensions are in millimeters. Dimensions in parenthesis are for reference only.
Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board for thermal and mechanical performance.
For more information, refer to QFN/SON PCB application note in literature No. [SLUA271](http://www.ti.com/lit/sluea271) (www.ti.com/lit/sluea271).