

자주 묻는 질문: 자석 회전 인코더 IC

일반 질문

- Q1: 칩이 예상한 대로 작동하지 않는다. 무엇이 문제인지 어떻게 테스트할 수 있는가?
- Q2: 프로그래밍 하지 않고 자석회전 인코더 칩을 이용할 수 있는가?
- Q3: 파워업 후에 언제 각도 데이터가 유효한가?
- Q4: 스타트업 시간이 온도에 따라서 변동되는가?
- Q5: 각각의 애플리케이션에 어떤 유형의 출력을 이용해야 하는가?
- Q6: 예를 들어 10mA LED를 구동하기 위해 디지털 출력으로부터 4mA 이상을 사용할 수 있는가?
- Q7: 풀다운 저항에도 불구하고 왜 PROG 핀을 VSS로 연결해야 하는가?
- Q8: 정렬 모드에서 32의 한계는 무엇인가?
- Q9: 달성 가능한 최고의 정확도는 얼마인가?
- Q10: 0.1°보다 우수한 정확도를 달성할 수 있는가?
- Q11: austriamicrosystems가 최고의 정확도를 달성하도록 칩을 조정할 수 있는가?
- Q12: 데이터시트의 오차 곡선이 모든 제품이 동일한가?
- Q13: 인코더의 반복정밀도는 얼마인가?
- Q14: 반복정밀도가 온도에 따라서 어떻게 달라지는가?
- Q15: CSn 핀을 영구적으로 VSS로 연결해야 하는가?
- Q16: 각도 데이터 샘플링이 CSn과 동기화되는가?
- Q17: austriamicrosystems가 사전 프로그램된 주문형 인코더를 공급할 수 있는가?
- Q18: 인코더가 어느 정도의 진동을 견딜 수 있는가?
- Q19: AS5040/43/45의 전력 소비를 낮추려면 어떻게 해야 하는가?

자석 관련 질문

- Q20: 자석 수평 부정정렬의 권장 허용오차는 얼마인가?
- Q21: 자석을 권장 허용오차 이내로 정렬할 수 없다. 그러면 어떻게 되는가?
- Q22: 이들 인코더 IC를 링 자석의 원둘레에 탑재할 수 있는가?
- Q23: 수직 자석 간격을 어떻게 늘릴 수 있는가?
- Q24: "녹색" 범위를 벗어나게 센서를 이용하면 어떻게 되는가?
- Q25: AS5035/40/45에 어떠한 유형의 자석을 이용할 수 있는가?
- Q26: 자석을 회전축에 탑재할 때 어떤 점에 유의해야 하는가?
- Q27: 자석을 제거할 때 왜 COF 및 LIN 경고가 설정되지 않는가?
- Q28: 왜 자석을 제거하더라도 랜덤 각도 데이터가 발생하는가?
- Q29: 자기장이 어느 레벨일 때 MagInc-/Dec, LIN, COF 경고가 발생하는가?
- Q30: 지나치게 약한(소실) 자석과 지나치게 강한 자석을 어떻게 구분할 수 있는가?
- Q31: 제로 읽기를 위한 자석의 디폴트 위치는 어디인가?
- Q32: 어떻게 하면 자석 인코더가 외부 자기장에 둔감하게 할 수 있는가?

- Q33: 센서를 외부 자기장으로부터 차폐해야 하는가?
- Q34: BLDC 모터의 강한 로터 자석이 인코더에 어떠한 영향을 미치는가?
- Q35: 자석과 IC 사이에 다른 소재를 탑재할 수 있는가?
- Q36: 자석의 직경, 두께, 형태는 어떠한 영향을 미치는가?
- Q37: 칩이 강한 자기장에 의해 영구적으로 손상 또는 파괴될 수 있는가?
- Q38: 칩이 이용할 수 있는 가장 작은 자석은 어떤 것인가?

AS5040/43/45 절대 출력

- Q39: AS5040/43/45는 절대 모드에서도 히스터리시스를 이용하는가?
- Q40: 왜 절대 출력은 자석이 이동하지 않는데도 때로 불안정한가?
- Q41: IC 하단면에 자석을 탑재할 때 권장 에어갭은 얼마인가?
- Q42: 최대 데이터 전송 속도는 얼마인가?
- Q43: 다수의 인코더를 병렬로 연결하고 Chip Select 핀으로 선택할 수 있는가?

AS5040/43/45 데이지 체인 모드

- Q44: 칩이 부주의하게 정렬 모드로 전환되는 것을 어떻게 막을 수 있는가?
- Q45: 데이지 체인 모드로 다수의 인코더를 동기식으로 측정할 수 있는가?

AS5035/40 증분 출력

- Q46: 증분 출력에서 펄스를 얻을 수 없으며 이 출력이 모두 1이다. 무엇이 문제인가?
- Q47: 왜 회전 속도가 일정하데 증분 펄스 폭이 다른가?
- Q48: 회전당 1024스텝임에도 불구하고 왜 증분 펄스의 수가 256인가?
- Q49: 자석이 부정정렬되었으면 펄스가 소실되는가?
- Q50: 왜 AS5040을 레퍼런스 인코더와 비교할 때 펄스가 소실되는가?
- Q51: 증분 출력을 이용해 어떻게 속도 측정을 수행할 수 있는가?
- Q52: 증분 지터 잡음을 어떻게 낮출 수 있는가?
- Q53: 다극 자석을 이용해 증분 펄스의 수를 늘릴 수 있는가?

AS5040/45 PWM 출력

- Q54: 어떻게 PWM 출력의 정확도를 높일 수 있는가?
- Q55: PWM 출력에서 어떻게 지터 잡음을 낮출 수 있는가?

AS5040 고속 동작

- Q56: 절대 및 증분 모드에서 왜 최대 속도가 다른가?
- Q57: 왜 속도가 높아질수록 피리어드 및 위상 지터가 감소하는가?

AS5040 브러시리스 DC 정류 출력

Q58:UVW, 증분, 절대 출력을 동시에 얻을 수 있는가?

AS5043 아날로그 출력

Q59:직렬 각도 데이터를 읽을 수 있는데 왜 아날로그 출력 전압을 얻을 수 없는가?

Q60:아날로그 출력에서 불안정한 전압만 얻을 수 있다. 무엇이 문제인가?

Q61:AS5043을 어떻게 홈 위치에서 VDD/2를 제공하도록 프로그램할 수 있는가?

AS5045 12비트 절대 직렬 출력

Q62:높은 회전 속도일 때 풀 12비트 분해능을 달성할 수 있는가?

AS5035/40/43/45 프로그래밍

Q63:AS5035/40/43/45를 3.3V로 "소프트" 프로그램할 수 있는가?

Q64:디바이스를 하드 프로그램 한 후에 제로 위치를 변경할 수 있는가?

Q65:테이지 체인 모드로 연결된 디바이스를 프로그램 할 수 있는가?

AS5040/43/45 데모보드 질문

Q66:모든 AS504x 기반 인코더나 아무 데모보드로 연결할 수 있는가?

Q67:AS5000 시리즈 회전 인코더 IC를 프로그램하기 위해 어떤 옵션을 이용할 수 있는가?

Q68:프로그래밍 동작 때 왜 PWM 주파수가 갑자기 변경되는가?

일반 질문

Q1: 칩이 예상한 대로 작동하지 않는다. 무엇이 문제인지 어떻게 테스트할 수 있는가?

신속하게 문제를 찾아내기 위해서는 다음 사항들을 점검한다.

1. 5V 모드: 5V 전원이 안정적인가? 3.3V 전원이 안정적인가? VDD3V3 핀에 버퍼 커패시터(1...10 μ F)가 이용되었는가?
2. 3.3V 모드: VDD5V 및 VDD3V3 전원 핀이 접속되고 안정적인 3.3V 전원 전압으로 연결되었는가?
3. 자기장이 범위내인가?(MagIncn, MagDecn, MagRngn 출력 확인)
4. 스타트업 때 PROG 핀이 VSS로 접속되는가? (예기치 않게 정렬 모드로 전환하는 것을 방지하기 위해. 정렬 모드는 테스트 용도만을 위한 것이다).
5. PWM 출력이 이용되면 이를 확인한다. 이 출력이 각도에 따라서 선형적으로 증가하는가?

대부분의 경우에는 위의 사항을 점검해서 문제를 해결할 수 있다. 그래도 문제가 해결되지 않으면 해당 인코더를 AS504x 데모보드로 연결하고 이 어셈블리를 외부 인코더로 선택해서 데모보드 소프트웨어로 셋업을 테스트한다. (이에 관한 자세한 내용은 AS504x 데모보드 동작 설명서 참조).

Q2: 프로그래밍 하지 않고 자석회전 인코더 칩을 이용할 수 있는가?

이용할 수 있다. 반드시 칩을 조정하거나 프로그램 할 필요가 없으며 그대로 이용할 수 있다. 대부분의 애플리케이션에 있어서 디폴트(비프로그램된) 설정으로 충분하다.

Q3: 파워업 후에 언제 각도 데이터가 유효한가?

파워업이 이루어지면 칩이 일련의 보정 루프를 실행하고 OCF(offset compensation finished) 상태 비트를 설정한다. 증분 출력만 이용하는 경우면 칩이 파워업을 완료할 때까지(CSn이 로우가 된다) A=B=Index 출력이 모두 하이로 유지한다. 파워업 때 CSn이 하이이면 파워업이 완료되고 CSn이 로우로 풀링될 때까지 A=B=Index 출력이 하이가 된다. 하드웨어 핀의 상태는 다음과 같다.

- MagINCn : 정의되지 않음
- MagDECn : 정의되지 않음
- A_LSB_U : 하이 (본문 참조)
- B_Dir_V : 하이 (본문 참조)
- Index_W : 하이 (본문 참조)
- PWM_LSB : 표준 PWM 신호. 파워업 시간(t_{PwrUp})이 완료될 때까지 펄스 폭이 무효이다.

Q4: 스타트업 시간이 온도에 따라서 변동되는가?

온도 또는 전원 전압에 따른 스타트업 시간 변동은 낮다. 전체 온도 범위에 걸쳐서 정격 t_{PwrUp} (20/50/80ms)이 유효하다. 신속한 스타트업이 중요할 때는 SSI 인터페이스의 직렬 비트스트림의 OCF 상태 비트를 풀링할 수 있다. OCF가 하이이면 스타트업이 완료된 것이고 칩을 이용할 수 있다. (Q3: 파워업 후에 언제 각도 데이터가 유효한가? 참조)

Q5: 각각의 애플리케이션에 어떤 유형의 출력을 이용해야 하는가?

증분 출력: AS5040 및 AS5035에서 이용 가능. 증분 출력은 주로 증분 정보만을 필요로 하는 중간 및 높은 속도의 애플리케이션에 이용된다. 파워업때에 절대 각도 위치를 이용할 수 없다. 절대 위치를 얻으려면 인코더가 먼저 인덱스 펄스가 생성되는 제로 위치로 이동하고 이 기준으로부터 이동할 때의 펄스를 세어서 절대 위치 정보를 얻어야 한다.

반면에 AS5040/-43/-45 인코더는 절대 출력 정보를 제공한다. 그러면 파워업 후에 곧바로 각도 위치를 이용할 수 있다. 디바이스의 회귀가 불필요하다. 절대 위치를 읽을 때는 사용자가 특정 애플리케이션에 따라서 다양한 유형의 출력 형식을 선택할 수 있다.

직렬 출력(SSI): AS5040, -43, -45에서 이용 가능. 이 출력은 신속한 데이터 전송을 위한 것으로서 Chip Select, Clock, Data Out의 3개 신호를 필요로 한다. 이 출력 유형은 또한 또한 데이터 체인 모드에서 단일 3선 인터페이스를 통해 다중의 디바이스를 읽을 때 이용할 수 있다.

아날로그 출력: AS5043에서 이용 가능. 이 전통적 유형의 출력은 수십 년 동안 이용되었다. 이 출력은 하나의 와이어(Analog 출력)만을 필요로 하며 출력 전압이 자석의 회전 각도에 비례하다. 예를 들어 포텐서미터를 비접촉식으로 대체하기 위해 이 출력을 이용할 수 있다.

PWM 출력: AS5040 및 -45에서 이용 가능. 아날로그 출력과 마찬가지로 이 출력도 신호 전송을 위해 하나의 와이어(PWM 출력)만을 필요로 한다. 하지만 절대 각도 정보가 시간 영역(펄스 폭)으로 표시되고 신호 강도(전압)로 표시되지 않으므로 전기적 잡음 환경에서 내성이 우수하다.

UVW 출력: AS5040에서 이용 가능. 브러쉬리스 DC 모터는 PCB 상에서 자기 로터 단자에 가깝게 탑재된 3개 일반형 홀 스위치를 이용해서 모터 컨트롤러를 위한 정류 정보를 제공한다. AS5040이 이들 신호를 모방하고 3개 홀 스위치를 대체할 수 있다. 이 모드는 PWM 출력이 증분 펄스 출력으로 전환되며 절대 직렬 출력과 더불어서 UVW 정보를 이용할 수 있다. 그러므로 AS5040이 절대 증분 인코더일 뿐만 아니라 동시에 정류 스위치이다. 절대 정보를 제공하고 제로 위치 프로그래밍이 가능하므로 최적의 정류를 가능하게 하므로 최대의 토크를 달성할 수 있다.

Q6: 예를 들어 10mA LED를 구동하기 위해 디지털 출력으로부터 4mA 이상을 사용할 수 있는가?

데이터시트의 정격 구동 성능은 VOL 및 VOH 레벨에 관한 것이다. 더 높은 전류를 싱크/소스 할 수 있으나 VOH 및 VOL 레벨을 유지하지 못할 수 있다.

Q7: 풀다운 저항에도 불구하고 왜 PROG 핀을 VSS로 연결해야 하는가?

PROG 핀을 반드시 VSS로 연결할 필요는 없다. 이를 개방인 채로 둘 수 있다. 하지만 이 핀으로 긴 와이어 또는 케이블을 연결하면 누화 신호를 픽업하고 더 이상 영구적으로 로우가 될 수 없다. 이는 칩이 예기치 않게 정렬 모드(CLK = 하강 에지에 PROG = 하이)로 전환하는 위험성을 높일 수 있다. 그러므로 이 핀을 프로그래밍을 위해 이용하지 않을 때는 접지하도록 권장된다.

Q8: 정렬 모드에서 32의 한계는 무엇인가?

이는 내부 값으로서 이를 기준점으로 이용한다. 자석의 에어갭 및 강도뿐만 아니라 크기 역시 영향을 미친다. 32의 값은 권장 자석(NdFeB Ø6mm x 2.5mm MN-35H)을 이용해서 권장 범위(-0.5 - 1.8mm)의 중간으로 약 1mm의 정격 에어갭에 해당된다. 이상적으로 자석이 정렬되었으면 실제 값에 관계 없이 전체 회전에 걸쳐서 최소 및 최대 리딩의 차가 최소가 된다.

주의: 32 한계는 AS5040/43에 적용되며, AS5045는 4x32 = 128이 적용된다. 이는 AS5040/43에 비해서 분해능이 4배이기 때문이다.

Q9: 달성 가능한 최고의 정확도는 얼마인가?

먼저 정확도를 분해능과 혼동하지 않아야 한다. 사실 이 둘은 서로 아무런 관련이 없는 문제이다.

분해능은 회전당 스텝의 수이다(1024, 4096 등).

정확도는 전체 회전에 걸쳐서 실제 각도에 대해 표시된 각도의 최악상황 편차이다(±0.5° 등).

정확도에는 비조정 및 조정 정확도가 있다. 조정은 알려진 고정밀 레퍼런스(예를 들면 13비트 이상 광학 인코더 등)에 대해서 해당 인코더 어셈블리를 측정해야 하므로 시간 및 비용 소모적인 프로세스이다.

그러므로 AS5000 인코더의 설계 목적은 조정을 이용하지 않고 되도록 우수한 인코더 정확도를 달성하는 것이다. 이들 인코더 제품의 비조정 정확도 다시 말해서 인도 당시의 정확도가 정렬 자석을 이용해서 ±0.5°보다 우수한 것으로 나타난다. 이는 대부분의 경우에 충분하다.

물론 특정한 외부 조정을 추가해서 외부 메모리 또는 마이크로컨트롤러로 조정 파라미터를 저장해서 인코더의 정확도를 추가적으로 향상시킬 수 있다. 이 경우에는 정확도가 기본적으로 조정 시스템의 정확도에 의해 제한된다.

달성 가능한 최대의 정확도는 인코더의 전이 잡음(지터)에 의해서 제한된다. 디폴트로 AS5040은 전이 잡음(rms, 1시그마)이 0.12°이고 AS50403과 -45는 0.06°(고속 모드) 및 0.03°(저속 모드)이다. 어느 경우이든 디지털 필터링(평균화)를 이용해서 전이 잡음을 추가적으로 향상시킬 수 있다.

완벽하게 조정을 마쳤다고 했을 때 이론적인 정확도는 $\pm 0^\circ$ 이다.

그 밖의 제한 요인은 무엇이 있는가?

a) 양자화 오차

이는 ADC의 미세한 스텝 크기 다시 말해서 인코더의 디지털 스텝 응답에 의한 오차로서 $\pm 1/2\text{LSB}$ 이내로만 정확할 수 있다. 10비트 AS5040/43의 경우에 이는 $\pm 0.175^\circ$ 에 해당된다. 12비트 AS5045의 경우에 이는 $\pm 0.044^\circ$ 에 해당된다. 그러므로 완벽한 조정이라 하더라도 이보다 낮을 수는 없다.

b) 전이 잡음

모든 ADC는 전이 잡음을 포함한다. 이는 2개 인접 리딩 사이의 지터이다. 전이 잡음은 대략 1LSB 피크-피크이다. AS5035 및 -40은 -0.35° 에 해당된다. AS5043 및 -45의 경우에는 저속 모드일 때 -0.08° 에 해당된다. 이 값이 양자화 오차에 더해진다. 대역폭을 제한함으로써 다시 말해서 디지털 평균화를 통해 유효 샘플링 속도를 낮춤으로써 전이 잡음을 낮출 수 있다.

Q10: 0.1°보다 우수한 정확도를 달성할 수 있는가?

Q9: "달성 가능한 최상의 정확도는 얼마인가?"에서 보았듯이 우수한 조정 및 디지털 평균화를 이용함으로써 12비트 인코더(AS5045)를 이용해서 -0.1° 의 정확도를 달성할 수 있다. 하지만 이 값은 다음을 포함하지 않은 것이다.

c) 온도

온도 변동에 의해서 추가적인 오차가 발생된다. 이들 인코더는 온칩으로 자석의 온도 효과를 보정할 수 있으므로 (선형 홀 센서처럼) 자석 온도 계수를 저장할 필요가 없다. 하지만 칩의 온도 자체는 정확도에 영향을 미친다.

AS5000 시리즈는 온도에 따라서 우수한 동작을 달성하도록 설계되었으나 다른 모든 아날로그 회로와 마찬가지로 이 영향을 완전히 무시할 수는 없다. 테스트를 통해서 "정상적" 동작 온도 조건일 때 거의 영향이 없는 것으로 나타났다. 극단 온도일 때 특히 -40°C 주위에서 정확도가 $\pm 4^\circ$ 변동되는 사례가 있을 수 있으나 모든 일괄공정 및 프로세스 코너에 걸쳐서 어느 온도가 "좋고" 어느 온도가 "나쁘지"에 대해서는 일반화시켜 말할 수 없다.

이 점은 데이터시트에도 반영되어서 정확도(INL 파라미터)가 실온에서는 $\pm 0.5^\circ$ 이고 전체 범위에 걸친 $\pm 0.9^\circ$ 는 온도에 따른 $\pm 0.4^\circ$ 의 추가적 오차를 포함한 것이다. 이 추가적 오차를 제거하기 위해서는 센서의 온도 편차를 계산해야 한다. 이는 매우 시간 소모적이며 실제적으로 제한된 수의 온도만을 이용해 수행할 수 있다(최소, 최대 동작 온도, 실온 등).

Q11: austriamicrosystems가 최고의 정확도를 달성하도록 칩을 조정할 수 있는가?

이 질문에 대한 대답은 "예" 및 "아니오"이다. "아니오"는 자석을 이용하지 않고 칩을 조정하는 것이 의미가 없기 때문이다. 조정은 완성된 어셈블리를 이용해서 특정한 온도로 특정한 (부정)정렬로 특정한 자석을 칩과 함께 하나의 유닛으로 조정할 때만 의미가 있다. 그러므로 칩 레벨에서는 조정이 불가능하다.

"예"는 AS5000 시리즈가 소위 말하는 "1지점 조정" 다시 말해서 "제로 위치 프로그래밍"을 제공하기 때문이다. 일단 제로 위치를 프로그램 했으면 실제적으로 $\pm 1/2\text{LSB}$ 내로 이 지점에서 정확성과

반복정밀도가 우수하다. 이것 역시 최종적인 어셈블리에 대해서만 가능하다. 제로 위치 프로그래밍은 사용자가 실시해야 하지만 데이터는 칩 상에 저장된다. 컨트롤러를 이용하지 않고 센서를 독립형 유닛으로 이용하는 애플리케이션의 경우에 이 기법이 유용하다(증분, PWM, 아날로그 출력 애플리케이션 등).

Q12: 데이터시트의 오차 곡선이 모든 제품이 동일한가?

이들 자석 회전 인코더의 절대 오차는 칩 내의 Sin 및 Cos 경로의 진폭 및 오프셋 일치 등을 포함해서 여러 가지 요인에 의해 달라진다. Sin 및 Cos 신호 경로 간의 위상 오차가 또한 총 오차에 영향을 미칠 수 있으나 AS5000 시리즈 인코더의 경우에는 병렬 신호 프로세싱에 의해서 이를 무시할 수 있다. 오차 곡선은 기본(1f) 함수 및 이차(2f) 함수를 포함한다.

모든 회전에 대해서 이 패턴이 반복되나 매 부품마다 일관되지는 않는다. 그러므로 데이터시트에 표시된 곡선은 오차 곡선의 예일 뿐이다. 오프셋 및 이득 매칭이 부품마다 다르므로 오차 곡선 역시 형태가 다르다.

Q13: 인코더의 반복정밀도는 얼마인가?

반복정밀도는 $\pm 1/2\text{LSB}$ 이다. 이는 10비트 및 12비트 인코더에 대한 것이다. 그러므로 AS5040은 반복정밀도가 $\pm 0.17^\circ$ 이고 AS5045는 $\pm 0.04^\circ$ 이다. 이는 자석 탑재 및 온도와 무관하다. 특정한 위치(정렬 또는 부정정렬) 및 특정한 온도로 반복정밀도가 $\pm 1/2\text{LSB}$ 이다. 하지만 자기장이 범위내이어야 한다. 약한 자기장은 더 많은 잡음을 발생시킴으로써 반복정밀도가 저하될 수 있다.

Q14: 반복정밀도가 온도에 따라서 어떻게 달라지는가?

반복정밀도는 온도에 따라서 변동되지 않으나 INL(또는 정확도)는 달라진다. -40°C ~ $+125^\circ\text{C}$ 의 온도 범위에 걸쳐서 INL이 $\pm 0.4^\circ$ 변동될 수 있다. 다시 말해서 자석을 이동시키지 않고 온도를 스위칭했을 때 표시되는 각도가 $\pm 0.4^\circ$ 변화될 수 있다. 하지만 특정한 온도일 때 INL은 여전히 반복가능하며 조정으로 꽤 우수하게 보정할 수 있다.

Q15: CSn 핀을 영구적으로 VSS로 연결해야 하는가?

이는 이용하는 출력 유형에 따라 다르다. PWM 출력 또는 아날로그 출력의 경우에는 CSn을 영구적으로 VSS로 연결할 수 있다. 증분 출력의 경우에는 (최소한 짧은 펄스 동안) CSn을 VSS로 접속해야 한다. 직렬 출력의 경우에는 CSn을 이용해서 새로운 측정 데이터를 래칭하며 이를 데이터시트의 타이밍 다이어그램에 따라 설정해야 한다.

Q16: 각도 데이터 샘플링이 CSn과 동기화되는가?

아니다. 인코더 칩이 10.42kHz(AS5040, AS5043/45의 고속 모드) 또는 2.61kHz(AS5043/45의 저속 모드)의 샘플링 속도로 지속적으로 자석의 각도를 측정하고 매 측정 후에 내부 레지스터를 업데이트한다. CSn의 하강 에지에 데이터가 직렬 쉬프트 레지스터로 래칭된다. 그러므로 CSn이 로우로 전환된 후에 측정이 완료되기를 기다릴 필요가 없다. $500\text{ns}(t_{\text{clkFE}})$ 후에 곧바로 데이터 읽기를 시작할 수 있다.

Q17: austriamicrosystems가 사전 프로그램된 주문형 인코더를 공급할 수 있는가?

이는 원칙적으로 연간 수량이 1M 이상일 때 가능하다. 이들 부품은 기존 ASSP와의 혼동을 방지하기 위해 별도의 표시 및 부품번호를 이용한다. 고객 측에서 문서화, 부품 검증, 재고관리 등을 위해 추가적인 비용이 타당할지 결정해야 한다. 경험적으로 대부분의 경우에 (예를 들어 제로 위치 프로그래밍을 위해) 칩을 프로그래밍하기 위해서 전체적인 어셈블리가 필요하며 정규 생산 테스트에 이 단계를 간편하게 통합할 수 있는 것으로 나타난다. 강력한 SDK(소프트웨어 개발 툴)을 이용해서 사용자의 테스트 소프트웨어로 프로그래밍 시퀀스를 매우 신속하고 간편하게 구현할 수 있다.

Q18: 인코더가 어느 정도의 진동을 견딜 수 있는가?

진동은 문제가 되지 않는다. AS5000 시리즈 자석 회전 인코더 IC의 가장 중요한 이점의 하나가 표준 CMOS 프로세스로 제조되었다는 점이다. 그러므로 어떠한 추가적인 포스트 프로세싱이 불필요하고 IC 패키지 내에 기계적 무빙 파트를 포함하지 않는다. 그러므로 다른 "통상적" IC와 마찬가지로 동일하게 진동을 견딜 수 있다고 말할 수 있다.

이들 인코더를 이용한 애플리케이션에서 가장 염려가 되는 것은 회전 인코더 IC 자체가 아니라 다른 요소들이 높은 진동이 발생했을 때 문제를 야기할 수 있다는 점이다.

- 방사형 커넥터의 전해질 커패시터 같은 대형 크기의 소자나 센서 자석의 회전축 탑재
- 이들 요소들이 적절히 탑재되지 않았을 때 장시간 진동에 노출되었을 때 떨어져나갈 수 있다.

이 인코더 IC 패키지(SSOP-16)는 크기가 크지 않고 다수의 핀으로 납땜되므로 진동에 의해서 파손될 위험이 있다.

또한 자석과 IC의 정렬이 진동에 의해 영향을 받는지 확인해야 한다. 자석의 중심점을 IC의 중심점으로부터 0.25mm의 반경 이내로 유지하도록 권장된다.

Q19: AS5040/43/45의 전력 소비를 낮추려면 어떻게 해야 하는가?

이들 인코더는 정격 전력소비가 16mA이다. 애플리케이션이 인코더를 지속적으로 읽어야 할 필요가 없다면 AS5040/43/45를 펄스 모드로 이용할 수 있다. 이 시퀀스는 다음과 같다.

- 칩으로 전력을 인가한다(5.5V 또는 3.3V). 전류 소비는 16mA 안팎이다.
- 칩이 측정을 마칠 때까지 기다린다. t_{pwrap} (20/50/80ms, 데이터시트 참조)가 경과하도록 기다리든가 아니면 직렬 데이터의 OCF 상태 비트를 폴링할 수 있다. OCF가 설정되었으면 각도 데이터가 유효하다.
- 칩으로 전원을 차단한다. 그러면 전류 소비가 0mA로 떨어진다.
- (애플리케이션에 따라) 사전에 지정된 시간 동안 기다린다.
- 이 사이클을 반복한다.

그러면 총 전류 소비는 다음과 같다.

$$I_{avg} = I_{nom} * \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}}$$

여기서:	I_{avg}	=	평균 전류 소비
	I_{nom}	=	온 상태일 때의 공칭 전류 소비(정격 16mA, 최대 21mA)
	t_{on}	=	센서가 작동 상태일 때의 지속시간 (최소 20/50/80ms, 제품 및 모드에 따라 다름)
	t_{off}	=	센서가 오프 상태일 때의 지속시간(애플리케이션에 따라 다름)

자석 관련 질문

Q20: 자석 수평 부정정렬의 권장 허용오차는 얼마인가?

권장되는 자석 탑재는 회전 중심축, 자석 중심점, IC 중심점이 하나의 수직선을 이루는 것이다. (특별히 언급하지 않았을 경우) 데이터시트에 기술된 파라미터는 칩의 수평 부정정렬이 IC 패키지 중심점에 대해 0.25mm 반경이다.

이는 플라스틱 패키지 내의 실리콘 다이의 최대 ± 0.235 mm(부정)정렬을 포함한다. 그러므로 (예를 들어 정렬 모드를 이용하거나 베어 다이를 탑재할 때) 자석을 실리콘 다이에 대해서 정렬한다면 이 부정정렬 허용오차가 0.485mm 반경으로 넓어진다.

Q21: 자석을 권장 허용오차 이내로 정렬할 수 없다. 그러면 어떻게 되는가?

X 및 Y 방향으로 자석을 부정정렬하면 정확도(실제 위치에 대해서 표시된 위치)에 영향을 미친다. 자석 중심점을 IC 패키지 중심점과 일치시키면 최대 정확도($\pm 0.5^\circ$)를 달성할 수 있다. 이 수치는 SIN 및 COS 채널의 진폭, 위상, 오프셋의 칩 내부적 매칭에 의한 것이며 플라스틱 패키지 내의 실리콘 칩의 탑재 허용오차를 포함한다.

부정정렬이 범위외더라도 칩이 계속 정상적으로 작동하지만 정확도가 저하된다. 실제로 $\pm 0.25\text{mm}$ 반경 부정정렬 및 온도에 따른 최대 INL이 $\pm 1.4^\circ$ 이다. -40°C ~ $+125^\circ\text{C}$ 의 전체 온도 범위에 걸쳐서 $\pm 0.4^\circ$ 의 편차를 고려하면 정확도는 실온에서 $\pm 0.25\text{mm}$ 반경의 부정정렬 범위에 걸쳐 $\pm 1.0^\circ$ 이다.

Q22: 이들 인코더 IC를 링 자석의 원둘레에 탑재할 수 있는가?

AS50xx 회전 인코더는 축을 벗어나서 탑재할 수 없다. 제품 설명서 및 데이터시트에서 보듯이 회전축이 IC 중심점과 일치해야 한다. 이는 이들 인코더가 수직 방향 자기장을 이용한 절대 측정 시스템이고 칩이 정확한 절대 위치를 판단하기 위해서는 칩이 자석을 전체적으로 보아야 하기 때문이다.

Q23: 수직 자석 간격을 어떻게 늘릴 수 있는가?

수직 간격 0.5~1.8mm는 권장 자석 NdFeB N35H 직경=6mm 및 높이+2.5mm의 경우이다. 이 간격은 자석이 45...75mT의 "녹색" 범위가 되는 한계를 나타낸다. 더 강한 또는 약한 자석을 이용해서 이 간격을 움직일 수 있다. 실제로 "녹색" 자기장 범위를 위해서 최대 5mm의 수직 갭이 가능하다.

Q24: "녹색" 범위를 벗어나게 센서를 이용하면 어떻게 되는가?

자기장이 동작범위 밖에 있더라도 칩이 계속 작동한다. 하지만 자기장이 약해짐에 따라서 잡음이 증가해서 지터가 증가한다(자석의 정지 위치에서 최소/최대 리딩). 절대 측정의 경우에는 다수의 리딩을 평균화해서 지터를 낮출 수 있다. 디지털 직렬 출력 및 PWM 출력은 자기장 강도에 관계 없이 언제나 작동한다. 하지만 AS5043 아날로그 출력은 "적색" 범위이면 턴오프된다. OTP 프로그래밍을 이용해서 이 안전성 기능을 정지시킬 수 있다(AS5043 데이터시트 참조).

Q25: AS5035/40/45에 어떠한 유형의 자석을 이용할 수 있는가?

회전축을 IC 중심점과 정렬한 직경(상단에서 볼 때: 왼쪽 및 오른쪽) 자화 2극 자석이 필요하다. 극이 상단 및 하단에 위치한 자석이나 다극 링 자석은 이용할 수 없다. 네오디뮴-철-붕소(NdFeB)나 사마륨-코발트(SmCo) 자석 같은 희토류 자석이 권장된다.

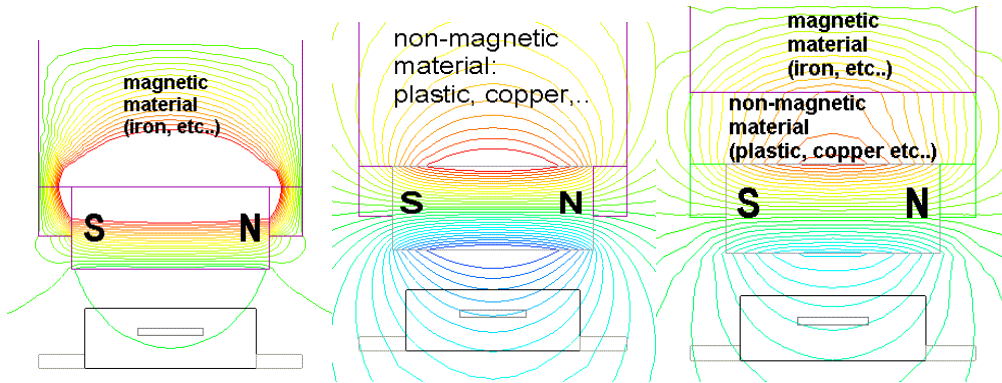
Q26: 자석을 회전축에 탑재할 때 어떤 점에 유의해야 하는가?

자석을 축에 탑재하는 것은 축의 소재에 따라 달라진다. 축이 비자성이면 자석을 곧바로 축에 끼울 수 있다. 자석의 작은 가운데 구멍을 축에 끼워넣으면 된다.

보통 자석 회전 각도 조정이 불필요하므로(소프트웨어에서 제로 위치 프로그래밍에 의해 이루어지므로) 원통형 자석이 다루기가 가장 편리하다. 경우에 따라 접착제를 이용할 수 있으나 이는 어디까지나 자석을 축에 꼭 끼운 다음에 이루어져야 한다.

자성 축(철재 축 등)의 경우에는 삽입된 자석의 자기장 라인이 축의 강자성 소재에 의해 "단락" 될 수 있다. 이는 자석을 약하게 하므로 자석을 IC에 가깝게 이동해야 한다. 이러한 경우에 더 좋은 방법은 자석을 곧바로 축에 삽입하지 않고 비자성 소재(플라스틱, 구리 등)로 자성 축으로부터 자석을 분리시키는 것이다. 다시 말해서 비자성 분리재를 자성 축에 끼우고 이 분리재에 자석을 끼우는 것이다. 자석을 자성 축과 분리시키기 위해서는 분리재가 충분히 두꺼워야 한다. 3mm 이상의 분리 간격이 적절하다. 분리가 높을수록 축으로부터의 영향이 감소한다.

또 다른 고려사항은 주위 온도 범위이다. 사용자는 온도에 따른 축의 팽창 및 축소를 고려해서 자석이 충분히 고정적이도록 해야 한다.



각기 다른 로터 소재일 때의 자기장 라인:

왼쪽: 자석을 곧바로 자성 로터 축에 삽입. 권장되지 않음. 자기장 라인이 축으로 집중된다.

가운데: 자석을 곧바로 비자성 축에 삽입. 권장. 로터 소재의 영향을 받지 않는다.

오른쪽: 비자성 분리재를 이용해 분리시켜서 자석을 자성 축에 삽입. 권장.

Q27: 자석을 제거할 때 왜 COF 및 LIN 경고가 설정되지 않는가?

AS5040의 경우에는 자기장이 지나치게 높을 때만 LIN 및 COF 경고가 설정된다. 자기장이 지나치게 약할 때는 이들 비트가 설정되지 않는다. AS5045는 자기장이 지나치게 강하거나 약할 때 LIN 비트가 설정되도록 프로그램할 수 있다. AS5043은 디폴트로 자기장이 지나치게 강하거나 약할 때 LIN 경고가 설정된다. COF 경고는 매우 강한 외부 자기장에 의해서 자기장이 지나치게 강할 때만 설정된다. AMS 권장 자석을 이용해서 정상적으로 동작할 때는 발생되지 않는다.

Q28: 왜 자석을 제거하더라도 랜덤 각도 데이터가 발생하는가?

자기장이 존재하지 않으면 홀 센서가 잡음만 픽업한다. 이 경우에 인코더가 랜덤 정보를 표시한다. 하지만 MagInc-MagDec 상태 비트에 의해서 범위의 상태가 표시된다면 디지털 출력을 의도적으로 정지시키지 않은 것이다. 일부 고객들은 추가적인 외부 디지털 필터링(평균화)을 이용해서 약한 자기장 환경에서 인코더를 이용하며 이와 같은 극단적인 조건일 때도 허용 가능한 결과로 센서 IC를 이용할 수 있다.

Q29: 자기장이 어느 레벨일 때 MagInc/-Dec, LIN, COF 경고가 발생하는가?

자기장이 45...75mT 이내이면 경고 비트가 설정되지 않는다. AS5035/40/43/45는 이 "녹색" 범위로 작동해야 한다. 이 자기장 범위는 권장 자석(NdFeB Ø6mm x 2.5mm N-35H)을 이용해서 칩 표면과 자석 표면 사이의 에어갭이 0.5-1.8mm일 경우이다.

자기장이 45mT 미만이거나 75mT 이상이면 MagInc 및 MagDec 상태 비트가 설정된다. MagInc+MagDec 경고 비트가 설정되고 LIN 경고는 설정되지 않는 범위는 "황색" 범위이다. 황색 범위더라도 AS5040은 계속해서 우수한 성능으로 작동할 수 있다.

135mT보다 높으면 모든 인코더에서 LIN(Linearity) 경고가 설정된다. 또한 AS5043 및 -45는 자기장이 지나치게 약할 때도 LIN 경고를 설정한다(자석과 IC 사이의 에어갭이 2.8mm 이상일 때). MagInc+MagDec 비트뿐만 아니라 LIN 경고 비트가 설정되는 범위는 "적색" 범위이다. 적색 범위이면 칩을 계속 이용할 수는 있지만 더 높은 선형성 오차가 발생된다.

COF(Cordic Overflow)는 자기장이 165mT 이상일 때 설정된다. COF 경고가 설정되면 각도 데이터가 무효가 된다. 정상 동작이면 OCF 비트가 설정되지 않으며 자기장이 정상보다 훨씬 강할 때만 설정된다. 자석을 권장 에어갭 범위 내로 이동하고 가능하다면 외부 자기장을 제거함으로써 이들 경고를 해제할 수 있다.

Q30: 지나치게 약한(소실) 자석과 지나치게 강한 자석을 어떻게 구분할 수 있는가?

"적색" 범위(Q29: 자기장이 어느 레벨일 때 MagInc-/Dec, LIN, COF 경고가 발생하는가? 참조)는 지나치게 약하거나 지나치게 강한 자석을 구분하지 않는다. 하지만 몇 가지 방법으로 이를 구분할 수 있다.

1) SPI 인터페이스가 불안정한지 확인한다.

자기장이 약하면 잡음이 증가함으로써 SPI 인터페이스의 각도 정보가 불안정해진다. 자석이 소실되면 이러한 불안정이 최대가 된다. 자기장이 강하면 SPI 각도 정보가 $\pm 1/2$ 디짓으로 안정적이다.

2) 지나치게 강하지 않은 또는 충분히 거리가 떨어진 자석을 선택해서 "너무 높음" 경고에 도달하지 않도록 한다.

이 셋업에 의해서 정상 동작일 때 "너무 낮음" 경고가 발생되지 않도록 하고 결합의 경우에만 경고가 발생되도록 고객이 확인해야 한다.

3) 정렬 모드로 전환

자석이 존재하지 않으면 정렬 모드 리딩이 0에 가깝다. 하지만 부정정렬된 자석 또한 특정한 각도에서 0에 가깝게 읽힐 수 있으므로 자석의 전체 회전에 걸쳐서 이 리딩이 0에 가까워야 한다.

4) 스텝/방향 모드의 증분 출력을 확인한다.

위의 1)과 유사한 방법으로 SPI 인터페이스를 필요로 하지 않는 방법을 이용할 수 있다. 더욱이 이 방법은 모터가 회전하고 있을 때도 이용할 수 있다.

I) 사용자 OTP 프로그래밍을 이용해 영구적으로 또는 일시적으로 AS5040을 "스텝/방향" 증분 모드로 전환한다.

II) 증분 출력 신호 B_Dir_V를 모니터한다. "스텝/방향" 모드이면 이 신호가 회전의 방향을 나타낸다. 시계방향 동작이면 이 신호가 일정하게 하이이고, 시계반대방향 동작이면 일정하게 로우이다. 자석이 회전하지 않으면 정지하기 전의 최종 설정으로 유지된다. 정상 동작으로 자석이 적절히 탑재되었으면 회전의 방향이 바뀔 때만 이 신호가 상태를 변경한다. 하지만 자석이 소실되면 인코더가 잡음만 픽업하고 증분 출력이 불안정해진다.

그러므로 증분 출력 신호 B_Dir_V가 짧은 시간 간격 동안(수 밀리초 등) 반복적으로 상태를 변경하면 이는 자석이 존재하지 않거나 자기장이 지나치게 약하다는 표시이다. 이 테스트는 로터가 회전 중일 때도 이용할 수 있다. B_Dir_V 신호가 회전 방향에 따라서 언제나 일정하게 하이 또는 로우이기 때문이다. 자석을 유지하는 모터 축이 한 방향으로 회전하고 B_Dir_V 신호가 불안정하다면 자석이 파손되었거나 떨어져나갔다는 표시이다.

Q31: 제로 읽기를 위한 자석의 디폴트 위치는 어디인가?

자석을 극 사이의 중립적 영역이 IC의 긴 쪽(핀 열)과 평행이 되도록 탑재해야 한다. 다시 말해서 북극이 1-8번 핀을 향하고 남극이 9-16번 핀을 향하도록 해야 한다.

Q32: 어떻게 하면 자석 인코더가 외부 자기장에 둔감하게 할 수 있는가?

몇 가지 이유에서 외부 자기장에 대한 둔감성이 요구된다. 먼저 중요한 이유가 측방향 홀 소자 및 차동 측정 기법의 이용이다. 측방향 홀 소자는 칩 표면에 대해 직각인 자기장에 대해서만 민감하다. 수평면의 자기장에 대해서는 민감하지 않다.

차동 측정은 반대편 홀 센서 쌍의 자기장 차이만을 검출한다. 외부 DC 자기장은 절대 자기장에는 영향을 미치나 홀 센서 쌍이 검출하는 차동 자기장에는 영향을 미치지 않는다. 또한 홀 센서 경로의 감도는 지나치게 민감하지 않도록 선택되어서 외부 자기장에 대해서도 덜 민감하다. 이들 인코더가

자석의 근접장으로 동작하므로 센서 자석의 (원하는) 자기장이 칩 표면에서 이미 비교적 강하며 외부 자기장에 의해서 쉽게 방해받지 않는다.

실제로 데이터시트에서 지정된 성능을 충족하려면 총 자기장(영구 자석 + 외부 방해 자기장)이 80mT를 넘지 않아야 한다. 이 범위를 벗어나더라도 칩이 계속 작동하기는 하지만 포화 효과로 인해서 출력 선형성이 저하된다.

Q33: 센서를 외부 자기장으로부터 차폐해야 하는가?

AS5040은 외부 자기장의 영향을 보정하므로 정상적으로는 자기장 차폐가 필요하지 않다. 하지만 과도한 외부 자기장이 존재하거나 높은 센서 정확도가 요구될 때는 강자성 금속판 등을 이용해 자기장 차폐를 제공하는 것이 좋은 방법이다.

Q34: BLDC 모터의 강한 로터 자석이 인코더에 어떠한 영향을 미치는가?

AS5000 자석 회전 인코더 IC 제품군은 브러쉬리스 DC 모터로부터의 강한 자기장을 포함해서 외부 자기장에 대해 매우 내성이 뛰어나다. 자석 + 인코더 어셈블리가 로터 축의 끝에 탑재되므로 인코더 IC와 BLDC 로터 자석 사이의 간격이 보통 1센티미터 이상이다. 그러므로 일반적으로 특수한 조정이나 자기장 차폐가 필요하지 않다.

Q35: 자석과 IC 사이에 다른 소재를 탑재할 수 있는가?

강자성 소재(철, 코발트, 니켈 등)는 자기장 집중기로 작용하며 소재 내의 대부분의 자기장을 전달한다. 그러므로 이들 소재는 피해야 한다. 알루미늄 같은 상자성(paramagnetic) 소재나 구리 같은 역자성(diamagnetic) 소재는 자기장을 미미하게 약화시키거나 거의 약화시키지 않는다. 이들 소재는 자석과 인코더 IC 사이에 이용할 수 있다.

그러므로 이 문제는 해당 소재의 자기 특성에 따라 다르다. 스테인리스 스틸은 일반적으로 상자성이므로 문제를 일으키지 않으면서 검출 자석과 인코더 IC 사이에 이용할 수 있다. 하지만 일부 스테인리스 스틸 성분은 자성체이므로 이용하는 것을 피해야 한다.

일반적으로는 칩 표면에서 적절한 자기장 강도를 달성할 수 있다면(상태 표시자 MagInc = MagDec = 00) 자석과 IC 사이에 어떠한 소재라도 탑재할 수 있다. 약한 자기 소재일 경우에는 적절한 자기장(45mT...75mT)을 달성하기 위해 더 강한 자석을 이용해야 할 수 있다.

권장 자기장 강도를 벗어나더라도 칩이 계속 작동하지만 정확도가 저하된다. 또 다른 고려사항은 속도이다. 고속으로 회전하는 자석이 자성 소재에서 소용돌이 전류를 발생시킴으로써 자기장을 왜곡할 수 있다. 이 효과가 정확도를 저하시킬 수 있다.

Q36: 자석의 직경, 두께, 형태는 어떠한 영향을 미치는가?

AS5035/40/43/45 홀 센서는 1.1mm 반경의 동심원으로 정렬된다. 그러므로 이 원을 따라서 수직 자기장만 대상이 된다. 직경 자화 자석에서 자기장이 중심점에서는 0이고 각각의 극을 향해서 선형적으로 증가한다. 자석의 가장자리에 가까워질수록 자기장이 최대에 달한다. 그러므로 작은 자석이 큰 자석보다 중심점으로부터 1.1mm 반경에서의 자기장이 더 강하다. 다시 말해서 더 큰 자석이면 권장 자기장 강도를 달성하기 위해서 더 강하거나 아니면 칩에 더 가깝게 이동해야 한다. 한편 더 큰 자석이면 중심점으로부터의 거리에 따라서 자기장이 선형적으로 증가하는 선형 영역 역시 더 넓으므로 더 넓은 부정정렬 영역을 허용한다.

정방형 자석 같은 비원형 자석도 이용할 수는 있지만 최소 치수만큼만 우수하다. 예를 들어 정방형 4mm 자석은 원형 4mm 자석만큼만 우수하면서 1.27배 더 많은 공간을 사용한다.

자석의 두께는 인코더의 성능에 덜 영향을 미친다. 더 두꺼운 자석일수록 인코더와 자석 사이에 더 높은 에어갭을 허용한다.

Q37: 칩이 강한 자기장에 의해 영구적으로 손상 또는 파괴될 수 있는가?

아니다. AS5035/40/43/45는 추가적인 자기장 집중기를 포함하지 않고 표준 CMOS 프로세스로 생산된다. 매우 강한 자기장이라 하더라도 칩을 손상시키지 않는다.

Q38: 칩이 이용할 수 있는 가장 작은 자석은 어떤 것인가?

크기, 수직 간격, 수평 부정정렬 여유를 적절하게 절충할 수 있는 6mm 직경 희토류 자석(NdFeB 또는 SmCo)을 권장한다. 더 소형의 자석(최저 3mm)을 이용할 수 있으나 부정정렬의 여유가 없어진다. 더 높은 직경 자석은 작은 자석보다 더 넓은 수평 부정정렬을 허용하지만 강한 차동 신호를 유지하기 위해 더 강한 자기장을 필요로 한다. 자석이 부정 정렬되더라도 칩이 계속 작동하지만 정확도가 저하된다.

AS5040/43/45 절대 출력

Q39: AS5040/43/45는 절대 모드에서도 히스테리시스를 이용하는가?

아니다. 전이 지점에서 자석이 정지했을 때 두 위치 사이의 지터를 방지하기 위해서 증분 모드에서만 히스테리시스가 가능하다. 절대 모드에서는 필요하다면 사용자가 소프트웨어로 히스테리시스를 구현할 수 있다.

Q40: 왜 절대 출력은 자석이 이동하지 않는데도 때로 불안정한가?

이 효과는 특히 두 값 사이의 전이 지점에서 자석이 정지했을 때 볼 수 있다. 전이 잡음 때문에 절대 출력 리딩이 불안정할 수 있다. 리딩을 평균화함으로써 전이 잡음 그러므로 불안정을 줄일 수 있다. 더 많은 샘플을 평균화할수록 불안정을 낮출 수 있으나 최대 속도를 늦출 수 있다. 소프트웨어로 히스테리시스를 구현해서 불안정을 제거할 수 있다.

예를 들어 VDD3V3 핀을 커패시터로 버퍼링하지 않음으로써 3.3V 전원이 불안정할 때도 수 각도에 걸쳐서 각도 데이터가 불안정한 유사한 효과가 발생할 수 있다(5V 및 3.3V 모드일 때 전원 핀의 적절한 연결에 관해서는 데이터시트 참조).

Q41: IC 하단면에 자석을 탑재할 때 권장 에어갭은 얼마인가?

이에 관해서는 데이터시트 끝의 "패키지 도면 및 표시" 부분을 참조할 수 있다. 패키지 두께(기호 A2)가 $1.73\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ 이므로 다이 표면이 패키지 하단면으로부터 $1.73 - 0.576 = 1.154\text{mm}$ 간격이다. 권장 자석(N35H NdFeB $\varnothing 6\text{mm} \times 2.5\text{mm}$)을 이용해서 MagInc/MagDec 출력이 "녹색" 범위가 되는(범위내) 권장 에어갭은 상단 표면으로부터 약 0.5-1.8mm이다. 이는 칩 표면으로부터 약 1.08-2.38mm에 해당된다.

이를 칩 하단면에 적용하면 칩 하단면에서의 자석의 권장 에어갭은 $(1.08-2.38\text{mm}) - 1.154\text{mm} \leq 1.23\text{mm}$ 이다. 이때 유의할 점은 자석을 칩 하단면에 탑재하면 표시되는 회전 방향이 역전된다는 것이다. 이를 소프트웨어로 외부적으로 교정하거나 아니면 내부적으로 회전 방향의 표시를 역전하는 OTP 레지스터의 CCW 비트를 설정할 수 있다.

Q42: 최대 데이터 전송 속도는 얼마인가?

짧은 라인이면 최대 클럭 속도가 1MHz이다. 이는 초당 50,000 각도 리딩 이상을 허용한다. 하지만 긴 라인은 케이블의 커패시티브 및 인덕티브 임피던스로 인해서 클럭 속도가 저하될 수 있다. 긴 와이어를 통한 데이터 전송에 관해서는 애플리케이션 노트 AN5040-10 참조.

Q43: 다수의 인코더를 병렬로 연결하고 Chip Select 핀으로 선택할 수 있는가?

그렇다. 모든 DO 및 CLK 신호를 병렬로 연결하고 CSn 핀의 로우 신호로 개별 인코더를 선택할 수 있다.

AS5040/43/45 데이터 체인 모드

Q44: 칩이 부주의하게 정렬 모드로 전환되는 것을 어떻게 막을 수 있는가?

데이터 체인 모드이면 PROG가 다음 인코더의 DO로 연결된다. CSn이 하이일 때 DO가 3상태로 전환하고 PROG 핀의 내부 풀다운 저항이 3상태 DO 출력을 로우로 풀링한다. 그러므로 CSn이 로우로 전환할 때 PROG는 로우이다. 그러므로 정렬 모드로 전환하지 않는다. 정렬 모드를 위해서는 CSn의 하강 에지에 PROG가 하이여야 하기 때문이다. 하이 패리티 비트가 체인의 다음 디바이스를 정렬 모드로 전환하는 것을 막기 위해서 패리티 다음에는 언제나 로우 신호가 이어진다(데이터시트의 데이터 체인 타이밍 다이어그램 참조).

Q45: 데이터 체인 모드로 다수의 인코더를 동기식으로 측정할 수 있는가?

그렇다. 데이터 체인 모드이면 체인 상의 각 인코더로부터의 각도 데이터가 CSn의 하강 에지에 동기식으로 래칭된다. 래칭된 데이터는 CSn의 다음 하강 에지까지 동결된다. 그러므로 데이터 체인 모드에서 데이터를 어느 속도로 마이크로컨트롤러로 클럭인하는지는 문제가 되지 않는다. 수신된 데이터는 체인 상의 각 디바이스로부터의 각도의 동기 "스냅샷"을 나타낸다. 하지만 다소의 변칙성이 있을 수 있다. 이들 센서는 내부 발진기로 동작하는데 이것이 CSn과 동기화되지 않기 때문이다. 하나의 샘플링 피리어드(96 μ 또는 384 μ s) 내에 각 센서의 측정 간에 비대칭성이 있을 수 있다.

AS5035/40 증분 출력

Q46: 증분 출력에서 펄스를 얻을 수 없으며 이 출력이 모두 1이다. 무엇이 문제인가?

증분 출력은 파워업 때 CSn이 하이일 때 정지된다. 이 기능은 칩이 데이터를 수신할 준비가 되었을 때만 외부 컨트롤러가 칩을 작동하도록 할 수 있다. 펄스를 전송하기 위해서는 CSn 핀을 로우로 풀링해야 한다(짧은 펄스 동안 또는 영구적으로). CSn 핀은 또한 파워업 때 영구적으로 VSS로 접속시킬 수 있다. 그러면 내부 스타트업이 완료되는 대로 AS5035/40이 펄스를 생성한다.

Q47: 왜 회전 속도가 일정한데 증분 펄스 폭이 다른가?

증분 출력에서 관찰되는 피리어드 및 위상 지터는 시스템 내의 전반적인 잡음 때문이다. 잡음의 소스는 홀 소자, 전치증폭기, ADC이다. 이 전압 잡음이 Cordic DSP에 의해서 각도 잡음 다시 말해서 전이 잡음으로 변환된다. 이 전이 잡음은 0.12°rms(1시그마)이다. 3시그마 값(0.36°)은 통계적으로 모든 리딩의 99.73퍼센트를 포함한다. 선택한 증분 분해능에 관계 없이 전이 잡음은 언제나 0.12°rms이다. 결과적으로 분해능이 낮아짐에 따라서 상대적 피리어드 및 위상 지터가 감소한다. Q57: 왜 속도가 높아질수록 피리어드 및 위상 지터가 감소하는가? 참조.

Q48: 회전당 1024스텝임에도 불구하고 왜 증분 펄스의 수가 256인가?

10비트 시스템의 1024 절대 위치로부터 증분 펄스가 생성된다. 2채널 증분 신호를 디코딩하기 위해서는 4 절대 스텝이 필요하다.

절대 단계,	절대 코드	채널 A	채널 B
스텝 1	0	0	0
스텝 2	1	1	0
스텝 3	2	1	1
스텝 4	3	0	1
스텝 1과 동일	4	0	0
스텝 2와 동일	5	1	0
스텝 3과 동일	6	1	1
스텝 4와 동일	7	0	1
...동일 반복...	8	0	0

중분 펄스는 매 4번째 절대 코드에 반복된다. 다시 말해서 코드 0, 4, 8, 12, ...가 동일한 중분 신호를 생성한다(A=0, B=0). 그러므로 쿼드러처 펄스의 수는 절대 스텝 수를 4로 나눈 것이다.

(스텝/방향 모드의 경우처럼) 단일 채널 중분 신호를 디코딩하기 위해서는 2개의 절대 스텝만 필요하다.

절대 단계,	절대 코드	채널 A	채널 B
스텝 1	0		이 채널의 상태는 회전 방향에 따라 결정된다. 1=시계방향 0=시계반대방향
스텝 2	1	1	
스텝 1과 동일	2		
스텝 2와 동일	3	1	
스텝 1과 동일	4		
스텝 2와 동일	5	1	
...동일 반복...	8		

단일 채널 중분 펄스는 매 2번째 절대 코드에 반복된다. 다시 말해서 코드 0, 2, 4, 6, ...이 동일한 중분 신호를 생성한다(A=0). 그러므로 단일 채널 펄스의 수는 절대 스텝 수를 2로 나눈 것이다.

Q49: 자석이 부정정렬되었으면 펄스가 소실되는가?

부정정렬된 자석은 정확도에만 영향을 미치며 인코더 IC의 분해능에는 영향을 미치지 않는다. 자석이 적절하게 정렬되지 않았더라도 1024 절대 위치를 얻을 수 있으며 펄스가 소실되지 않는다.

Q50: 왜 AS5040을 레퍼런스 인코더와 비교할 때 펄스가 소실되는가?

AS5040 중분 출력을 고속의 실시간 광학 레퍼런스 인코더와 비교했을 때 적절한 수의 펄스를 제공하지 않는 것으로 보일 수 있다. 이러한 소실 펄스는 전달 지연 때문인 것으로 볼 수 있다. 중분 모드에서는 이 지연이 192µs이다. 다시 말해서 적절한 수의 펄스가 생성되나 보간기에 의해서 소실된 펄스가 동기화되기까지 최대 192µs가 소요될 수 있다. 그러므로 실시간 레퍼런스로 펄스 카운터를 트리거링할 때 펄스가 소실된 것으로 나타날 수 있으나 실제로는 단지 192µs 지연된 것일 뿐이다.

192µs 내의 펄스의 수는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$(rpm * 360 / 60) * 192\mu s * (pulses_per_rev / 360) = rpm * 0.00327 \text{ (for 1024 pulses)}$$

소실된 펄스가 있는지 없는지 확인하기 위한 가장 좋은 방법은 한 (AS5040-) 인덱스 펄스에서 다음 인덱스 펄스까지의 펄스 수를 계수하는 것이다. 이들 펄스가 최대 10,000rpm 이상의 속도에 관계 없이 동일해야 한다.

Q51: 중분 출력을 이용해 어떻게 속도 측정을 수행할 수 있는가?

일반적으로 중분 펄스의 펄스 폭을 측정해서 속도 측정이 가능하다. 하지만 전이 잡음 때문에 단일 펄스는 적절한 정확도를 제공하지 못한다. 그러므로 이 유형의 측정은 하나 이상의 펄스 샘플을 평균화해야 한다. 더 많은 평균화를 이용할수록 전이 잡음 및 따라서 펄스 폭 지터가 낮아진다. 4개 샘플의 평균화는 잡음을 6dB 또는 50퍼센트 감소시킨다. 이를 여러 가지 방법으로 달성할 수 있다.

- 다수의 펄스를 측정하고 디지털 평균화를 실시한다. 이 유형의 측정은 측정 속도가 넓은 범위에 걸쳐서 변화할 때 유용하다. 이 방법은 평균화를 위해 언제나 지정된 수의 펄스를 이용하기 때문이다.
- 특정한 시간 윈도우 내의 펄스를 계수한다. 이 유형의 측정은 적용하기가 매우 간단하고 편리하다. 하지만 속도에 따라서 적용해야 한다. 다시 말해서 낮은 속도이면 특정한 시간 윈도우 내에 펄스가 너무 적을 수 있고 높은 속도이면 윈도우가 지나치게 길 수 있다.
- F/V 컨버터 등을 이용해서 중분 펄스의 주파수를 측정한다.

Q52: 증분 지터 잡음을 어떻게 낮출 수 있는가?

증분 지터는 일정한 회전 속도일 때의 증분 펄스 폭의 변동으로 정의된다.

$$\text{지터 잡음} = (PW_{max} - PW_{min}) / PW_{nom}$$

$PW_{max/min}$ = 시스템이 제공하는 최대/최소 펄스 폭

PW_{nom} = 회전당 펄스 수 및 회전 속도로 나타낸 공칭 펄스 폭

지터 잡음을 낮추려면 강한 자기장을 이용하도록 한다. 홀 센서 신호의 신호대 잡음비를 향상시키기 때문이다. 또 다른 방법은 증분 분해능을 낮추는 것이다. 분해능을 1비트 낮추면 상대적 지터 잡음이 50퍼센트 낮아진다. 다시 말해서 9비트(128ppr) 분해능으로 프로그램된 AS5040은 10비트(256ppr) 분해능의 동일한 칩에 비해서 지터 잡음(퍼센트)이 절반에 불과하다. 절대 지터 잡음은 분해능에 관계 없이 동일하나(0.12°rms) 분해능을 1비트 낮추면 펄스 폭(PW_{nom})이 두 배가 되고 그러므로 상대 지터 잡음 $(PW_{max} - PW_{min}) / PW_{nom}$ 이 50퍼센트 낮아진다.

Q53: 다극 자석을 이용해 증분 펄스의 수를 늘릴 수 있는가?

그렇게 할 수 없다. AS50xx의 측정 원리는 회전당 하나의 고유 위치만 검출해야 하므로 기본적으로 2극 자석을 필요로 한다. 다극 자석은 전체 회전에 걸쳐서 하나 이상의 동일한 이미지를 제공할 수 있다.

AS5040/45 PWM 출력

Q54: 어떻게 PWM 출력의 정확도를 높일 수 있는가?

AS5040의 PWM 기본 주파수는 출하전에 $976\text{Hz} \pm 5\% = 927...1024\text{Hz}$ 로 조정되었다. 이는 한 PWM 신호(펄스 t_{on} + 일시정지 t_{off})가 $976\mu\text{s}...1079\mu\text{s}$ 의 총 피리어드에 해당된다.

AS5045의 PWM 기본 주파수는 출하전에 $244\text{Hz} \pm 5\% = 232...256\text{Hz}$ 로 조정되었다. 이는 한 PWM 신호(펄스 t_{on} + 일시정지 t_{off})가 $3903\mu\text{s}...4314\mu\text{s}$ 의 총 피리어드에 해당된다. 선택적으로 AS5045의 PWM 기본 주파수를 이 주파수의 절반으로 OTP 프로그램할 수 있다(총 피리어드는 두 배가 된다).

자석의 각도를 결정하기 위해 PWM 펄스 폭(t_{on})만 이용한다면 리딩이 PWM 주파수의 트리밍만큼만 정확하다. 다시 말해서 기본적으로 실온에서 $\pm 5\%$ 이고 전체 온도 범위에 걸쳐서 $\pm 10\%$ 이다. 하지만 전체 듀티 사이클을 측정함으로써(t_{on} 및 t_{off} 모두 측정) 이 허용오차를 제거하고 직렬 인터페이스를 통해 절대 출력과 동일하게 높은 정확도를 달성할 수 있다.

$$\text{Position} = \frac{t_{on} \cdot 1025}{(t_{on} + t_{off})} - 1 \text{ for AS5040}$$

$$\text{Position} = \frac{t_{on} \cdot 4097}{(t_{on} + t_{off})} - 1 \text{ for AS5045}$$

Q55: PWM 출력에서 어떻게 지터 잡음을 낮출 수 있는가?

PWM 출력을 이용해 아날로그 출력을 생성한다면 PWM 출력에 단순한 아날로그 저역통과 필터를 추가해서 지터 잡음을 낮출 수 있다(AS5040/45 데이터시트). 필터를 위한 적절한 낮은 컷오프 주파수를 설계하고 더 높은 차수의 필터를 이용해서 지터 잡음을 제거할 수 있다.

AS5040 고속 동작

Q56: 절대 및 증분 모드에서 왜 최대 속도가 다른가?

AS5035/40은 내부 샘플링 속도가 10.42kHz이다. 다시 말해서 매 $96\mu\text{s}$ 에 새로운 절대 리딩을 얻는다. 회전당 1024 위치이면 최대 속도는 $1024 \text{ 위치} \times 96\mu\text{s} = \text{회전당 } 98.3\text{ms}$ 이다. 또는 초당 10.18 회전 및 분당 610 회전(rpm)에 해당된다.

- **절대 모드 (직렬 인터페이스)**

AS5040은 610rpm보다 훨씬 높은 속도로 계속 작동할 수는 있지만 한 리딩에서 다음 리딩으로 넘어갈 때 일부 절대 위치를 놓칠 수 있으므로 회전당 실제 리딩 수가 감소한다. 회전당 샘플 수(n)는 다음과 같다:

$$n = \frac{60}{rpm * 96\mu s} \quad rpm = \text{회전 속도 (분당 회전)}$$

- **증분 모드**

빌트인 보간기가 최종 리딩 후에 정확히 얼마나 많은 위치를 소실했는지 판단하고 소실된 펄스를 재합성한다. 이 방법으로 시스템이 최대 10,000rpm까지 펄스가 소실되지 않도록 보장한다. 하지만 합성된 파형이 재생성되기까지 2 샘플링 피리어드가 필요하다. 그러므로 출력 지연이 192μs이다.

Q57: 왜 속도가 높아질수록 피리어드 및 위상 지터가 감소하는가?

0.12°rms의 피리어드 및 위상 지터(Q47: 일정한 회전 속도인데 왜 증분 펄스 폭이 다른가? 참조)는 0.35°(10비트 LSB)의 최소 스텝 크기의 경우이다. 속도가 높아지면 자석이 2개의 연속적 측정 사이에 한 스텝 이상 이동한다. 보간기가 동일한 간격의 펄스로 소실된 펄스를 합성하고 0.12°rms의 총 위상 지터는 총 이동한 스텝 수로 나누어진다.

예: 자석이 한 리딩에서 다음 리딩을 위해 위치 1에서 위치 7로 이동했다고 하자. 그러면 6스텝 앞으로 이동한 것이다. 하나의 쿼드러처 AB 펄스를 생성하기 위해서는 4스텝이 필요하므로 보간기가 1 1/2 증분 펄스를 합성한다. 그러면 피리어드당 총 지터가 1.5의 비율로 감소한다.

AS5040 브러시리스 DC 정류 출력

Q58: UVW, 증분, 절대 출력을 동시에 얻을 수 있는가?

그렇다. BLDC 모드에서는 다음 핀에서 UVW 신호를 이용할 수 있다.

3번(A_LSB_U),

4번(B_Dir_V),

6번(Index_W).

12번 핀(PWM_LSB)에서는 512ppr의 증분 펄스 출력을 이용할 수 있다.

동시에 9번(DO), 10번(CLK), 11번(CSn)에서 절대 직렬 인터페이스를 이용할 수 있다.

AS5043 아날로그 출력

Q59: 직렬 각도 데이터를 읽을 수 있는데 왜 아날로그 출력 전압을 얻을 수 없는가?

AS5043은 아날로그 출력을 위해 빌트인 오차 검출을 이용해서 자기장이 적색 범위일 때 아날로그 출력을 오프 시킨다(Q29: 자기장이 어느 레벨일 때 MagInc/Dec, LIN, COF 경고가 발생하는가? 참조). OTP 프로그래밍으로 이 기능을 정지시킬 수 있다. 이 경우에는 자기장 강도에 관계 없이 아날로그 출력이 언제나 작동한다.

Q60: 아날로그 출력에서 불안정한 전압만 얻을 수 있다. 무엇이 문제인가?

AS5043의 출력 스테이지는 (FB) 핀에서 반전 입력을 이용할 수 있는 OP-AMP이다. 아날로그 출력에서 피드백 저항으로 이 핀을 연결해서 비반전 증폭기를 형성해야 한다. 어떠한 피드백이 없으면 이 OP-AMP가 개방 루프 모드로 이용되어서 불안정해지거나 전원 레일(VDD5V 또는 VSS)로 고착된다. 디폴트로 이들 저항을 외부적으로 인가해야 한다(데이터시트 참조). 프로그래밍 옵션으로서 피드백을 고정 내부 이득으로 전환할 수 있다. 이 경우에는 외부 저항이 불필요하다.

Q61: AS5043을 어떻게 홈 위치에서 VDD/2를 제공하도록 프로그램할 수 있는가?

AS5000 시리즈 자석 회전 인코더의 제로 위치 프로그래밍 기능을 이용해서 특정한 기계적 위치로 제로 또는 0000 위치를 프로그램할 수 있을 뿐만 아니라 특정한 기계적 위치의 출력 값을 정의할 수도 있다. 이는 제로 위치 레지스터에 오프셋을 추가해서 가능하다.

- 센서를 탑재한다. 자석의 방향은 중요하지 않다.
- 출력을 0으로 설정하고자 하는 기계적 위치로 자석을 이동시킨다.
- 이 위치에서 자석의 각도를 읽는다.
- c)에서 얻어진 값을 OTP 제로 위치 레지스터로 쓰고 프로그램한다(데이터시트의 프로그래밍 부분 참조).
- 전원을 사이클링해서 센서를 재부팅한다. 그러면 이 기계적 위치에서 디지털 출력이 0000으로 나타난다.

이번에는 센서가 기계적 위치에서 0000으로 읽는 것이 아니라 최소 및 최대 리딩의 중간 지점이 되도록 하고자 한다고 하자. 예를 들어서 AS5043이 90° 모드로 아날로그 출력을 이용하며 기계적 정지 위치에서 출력이 VDD/2가 되도록 하고자 한다고 하자.

- 센서를 탑재한다. 자석의 방향은 중요하지 않다.
- 출력을 VDD/2로 설정하고자 하는 기계적 위치로 자석을 이동한다.
- 이 위치에서 자석의 각도를 읽는다. 이를 위해서는 이 값에 오프셋을 추가해야 한다. 이 오프셋은 제로에서 원하는 값까지의 각도이다. 위의 예의 경우에는 90° 모드로 VDD/2의 출력 전압을 위해서는 45°의 회전 또는 128 스텝의 디지털 각도가 필요하다(1024 스텝이 360°가 된다). 결과적으로 c)에서 얻은 값에 128을 더한다. 이 합이 1024를 넘으면 합에서 1024를 뺀다.
- 이 결과값을 OTP 제로 위치 레지스터로 쓰고 OTP 비트 OR1/OR0을 10으로 설정해서 AS5043을 90° 모드로 설정한다. 이들 두 설정을 단일 스텝으로 프로그램할 수 있다(데이터시트의 프로그래밍 부분 참조).
- 전원을 사이클링해서 센서를 재부팅한다. 그러면 이 기계적 위치에서 디지털 출력은 0128이 되고 아날로그 출력은 VDD/2가 된다(90° 모드).

AS5045 12비트 절대 직렬 출력

Q62: 높은 회전 속도일 때 풀 12비트 분해능을 달성할 수 있는가?

10.4kHz/2.6kHz의 샘플링 속도 때문에 높은 회전 속도일 때 회전당 4096 리딩을 얻지 못할 수 있다. 하지만 각각의 리딩이 12비트 분해능이다. 높은 속도일 때는 AS5035 및 AS5040에서 이용할 수 있는 증분 출력을 이용할 것이 권장된다. 이 출력이 훨씬 더 편리하게 프로세싱할 수 있다(고속 직렬 데이터를 프로세싱할 필요 없이 단순히 펄스를 세기만 해서). 증분 출력에 이용되는 보간기 회로가 또한 높은 회전 속도이더라도 펄스를 소실하지 않도록 한다.

AS5035/40/43/45 프로그래밍

Q63: AS5035/40/43/45를 3.3V로 "소프트" 프로그램할 수 있는가?

그렇다. 3.3V 및 5V 모드로 프로그램 한 후에라도 추가적인 프로그래밍 전압 없이 OTP 레지스터를 오버라이트 할 수 있다. 오버라이트 된 정보는 일시적이며 파워다운에 의해 소실된다. 이들 칩은 언제나 OTP의 "하드 프로그램된" 설정으로 부팅된다. "소프트 쓰기"는 후속 프로그래밍을 이용하지 않고 공장 설정을 포함한 전체 OTP 레지스터를 읽고 써서 이루어진다. 공장 설정을 의도하지 않게 또는 일부러 변경하는 것은 칩을 사용하지 못하게 할 수 있다. 하지만 AS5040 데모보드를 이용하면 증분 모드, 제로 위치, 회전 방향 등의 OTP 설정을 오버라이트 할 수 있다. 공장 설정이 예기치 않게 변경되었으나 프로그램 되지 않았으면 칩을 파워온리셋에 의해 언제나 OTP 레지스터의 하드 프로그램된 설정으로 리셋 할 수 있다.

또한 공장 설정을 읽고 다시쓰기하지 않고 사용자 OTP 설정을 일시적으로 오버라이트할 수 있으나 매 파워업 세션에 한 번만 가능하다. 이는 16번째 클록 후에 CSN = 로우에 OTP 프로그래밍 시퀀스를 종료해서 이루어진다(데이터시트 참조).

이에 관한 자세한 내용은 애플리케이션 노트 AN5040-20 참조.

Q64: 디바이스를 하드 프로그램 한 후에 제로 위치를 변경할 수 있는가?

그렇다. Q63: AS5035/40/43/45를 3.3V로 "소프트" 프로그램 할 수 있는가? 참조.

Q65: 데이지 체인 모드로 연결된 디바이스를 프로그램 할 수 있는가?

데이지 체인 모드는 각도 데이터를 읽기 위한 것이며 OTP 쓰기를 위한 것이 아니다. 데이지 체인으로 연결된 디바이스를 프로그램 하려면 체인 상의 각 디바이스의 PROG 입력으로 데이터를 쉬프트인 해서 각각의 디바이스를 개별적으로 프로그램 해야한다. PROG 핀이 출력(DO)으로 연결되므로 프로그래밍 때 DO 출력에서 과전압을 방지하기 위해서는 다이오드를 삽입해야 한다(양극 DO 및 음극 PROG).

AS5040/43/45 데모보드 질문

Q66: 모든 AS504x 기반 인코더나 아무 데모보드로 연결할 수 있는가?

그렇다. 이용하는 데모보드에 상관 없이 외부 인코더와 동일한 유형의 데모보드 소프트웨어를 이용하기만 하면 된다. 애플리케이션 노트 AN5000-10: 하드웨어/소프트웨어 호환성 개요 참조.

다음과 같이 외부 센서와 데모보드를 연결한다.

외부 센서	데모보드
VDD3V3VDD3V3
VDD5VVDD3V3 (+5VUSB로 연결하지 않는다!)
VSSGND
PROGPROG (프로그래밍 및 모드 변경을 위해서만 필요)
CSnCSn_ext
DODO
CLKCLK

Q67: AS5000 시리즈 회전 인코더 IC를 프로그램하기 위해 어떤 옵션을 이용할 수 있는가?

AS5000 시리즈 인코더를 프로그램 하기 위해 여러 가지 옵션을 이용할 수 있다.

- 해당 데모보드 및 소프트웨어를 이용한다. AS5040은 AS5040 데모보드를 이용해서, AS5045는 AS5045 데모보드를 이용해서 프로그램할 수 있다. AS5035는 자체적인 데모보드가 없다. 이는 AS5040/43/45 데모보드를 이용해서 프로그램할 수 있다.
- AS50xx 프로그래머 및 소프트웨어를 이용한다.
프로그래머는 하드웨어에 있어서 데모보드와 유사하나 밀봉 플라스틱 하우징으로 제공되며 OTP 프로그래밍의 믿을 수 있는 검증을 위해 아날로그 리드백 옵션을 이용하기 위한 ADC 등의 추가적 기능을 제공한다. 이는 어느 AS5000 시리즈 인코더나 프로그램 할 수 있는 만능 툴이다. austriamicrosystems에 신청하면 이 툴 및 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 이용할 수 있다.
- 아무 데모보드나 이용해서 아무 인코더나 프로그램 할 수 있다. 프로그램 할 디바이스의 소프트웨어를 이용해서 어느 데모보드로나 AS5035/40/43/45를 프로그램 할 수 있다. Q66:모든 AS504x 기반 인코더나 아무 데모보드로 연결할 수 있는가? 참조.

d) 데모보드 또는 프로그래머 하드웨어와 SDK를 이용한다.

적절한 데모보드 또는 프로그래머 하드웨어를 이용해서 하드웨어에 연결된 인코더 IC를 읽고 프로그램 하기 위한 자체적인 소프트웨어를 작성할 수 있다. austriamicrosystems 웹사이트에서 소프트웨어 개발 키트(SDK)를 무료로 다운로드 할 수 있으며 간단하고 사용하기 편리한 명령을 이용해서 신속하게 프로그램을 작성할 수 있다.

Q68: 프로그래밍 동작 때 왜 PWM 주파수가 갑자기 변경되는가?

이 동작은 데모보드에 의해서 의도적으로 제어되며 IC의 오동작이 아니다. 이유: PWM 주파수가 공장 테스트에 의해서 AS5040은 $976\text{Hz} \pm 5\%$ 및 AS5045의 경우 $244\text{Hz} \pm 5\%$ (선택적 $122\text{Hz} \pm 5\%$)로 트리밍 된다(데이터시트 참조). 이 트리밍 정보는 OTP 공장 설정에 저장된다. 사용자가 OTP를 변경하려고 하면 사용자에게 의해 공장 설정이 이중 또는 잘못 프로그래밍되는 것을 방지하기 위해 데모보드 소프트웨어가 안전성 조치로서 공장 설정 레지스터를 "0000"으로 일시적으로 리셋 한다. 공장 OTP 레지스터를 소거하면 PWM 주파수 트리밍 역시 일시적으로 소거된다. 다음 파워업 사이클에 공장 OTP 레지스터 및 PWM 주파수가 다시 적절하게 설정된다. 정상 동작일 때는 사용자가 OTP 레지스터를 액세스할 수 없으므로 이 현상이 일어나지 않는다. 이 현상은 32비트 OTP 프로그래밍 때만 발생하며 이 때는 사용자에게 모든 변경하지 않는 OTP 비트를 "0"으로 설정하도록 권장된다.