

계장기술

기획특집 / 각종 센서 활용과 혁신 솔루션



“코닉스가 만들면 다릅니다.”

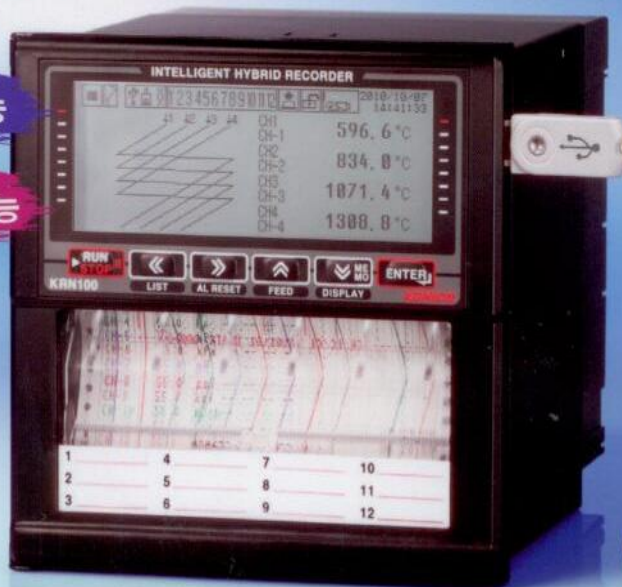
KONICS

두가지 기능을 한대에 합쳤다.

페이퍼 기록계와 페이퍼리스 기록계 기능 통합.

USB 메모리 저장 기능

Trend Graph 표시 기능



CE

100mm 하이브리드 기록계,

KONICS KRN100

데이터 로거 기능으로 기록지가 다 소모되어도 안심!

KRN100 시리즈는 온도, 유량, 레벨, 압력 등 각종 산업용 데이터를 측정하여 LCD 디스플레이부에 측정값 표시 및 기록 용지에 프린팅을 동시에 실행할 수 있는 하이브리드 기록계로, USB 메모리를 이용한 측정 데이터 저장은 물론, 기록 용지 소진 시에도 내부 메모리의 데이터 백업 기능(데이터 로거 기능)을 통해 인쇄가 가능합니다.

뿐만 아니라 USB 통신을 통한 파라미터 설정, 슬롯 방식의 입/출력 카드 채택으로 최대 12채널 지원 및 다양한 기능의 옵션 카드 선택 등 사용자 편의성을 한층 향상시켰습니다.

유사품 주의 [(주)킨스계기]와 동사의[KINS] 제품군은 당사와 아무런 관련이 없습니다. 제품에 명기된 **KONICS** 로고를 반드시 확인하시고 유사품에 주의하세요.

(주)코닉스

본사 / 공장 / 교정실 : 인천광역시 연수구 송도동 10-75번지

영업 대표 TEL : 032-610-2860 / FAX : 032-327-0098 A/S센터 TEL : 032-329-5055 FAX : 032-329-1286

교정실 TEL : 032-820-2411-4 / FAX : 032-811-9700 부산사무소 TEL : 051-325-2700 / FAX : 051-325-0021

www.konics.co.kr





전류센싱을 위한 새로운 통합 솔루션

By Ann Starks(Applications Engineer) / ON Semiconductor
daisy.sham@onsemi.com

OEM들은 자사 제품 디자인의 에너지 효율을 높여야 한다는 커다란 압력을 받고 있다. 따라서 특정 경로를 지나가는 전류를 정확하게 모니터링할 수 있는 능력이 매우 중요하다. 그래야 전력관리를 위해 적절한 결정을 내리고 시스템 성능을 극대화할 수 있기 때문이다. 이를 달성하기 위해 현재 여러 가지 다른 방법들이 디자인에 사용되고 있다. 그러나 이러한 일반적인 방법들은 저마다 분명한 단점들을 지닌다. 정밀 전류측정(Current Sense) 방법에 대한 필요성은 정확한 무손실 전류센싱 기능을 제공하면서도 PCB 레이아웃과 부품 수에 미치는 영향을 최소화시켜 주는 통합 2칩 솔루션의 개발을 가져왔다.

기존의 전류센싱 기법들

기존의 전류센싱 방법은 센싱해야 할 전류 경로에 직접 삽입된 정밀 센싱 저항을 이용한다. 이 정밀 저항 양단의 전압강하를 측정하여 저항을 지나가는 전류를 계산한다. 그러나 이 방법은 전력손실을 초래할 수 있

으며, 특히 높은 전류에서 손실은 더 커진다.

또 다른 일반적인 전류센싱 기법들이 사용하는 것은 다음과 같다.

1. MOSFET $R_{DS(ON)}$
2. 인덕터 ESR
3. 인덕터 전압
4. 평균 전류
5. 전류 트랜스포머

1. MOSFET $R_{DS(ON)}$

저항에 MOSFET을 사용하면 추가 부품이 필요 없어 지지만, $R_{DS(ON)}$ 은 유닛별로 각각 다른데다가 저항값이 온도에 따라 변화한다. $R_{DS(ON)}$ 은 27°C~100°C 범위에서 최대 35%까지 차이가 날 수 있다.

2. 인덕터 ESR

이 방법을 위해서는 인덕터의 등가 직렬 저항(ESR)이 부하 전류의 측정에 사용된다. 간단한 저역 RC 필

3. 인덕터 전압

이 방법은 인덕터 ESR 방법과 유사하다. 인덕터 전압을 측정하고 (식 1)을 이용해 전류를 계산해낸다. 그러나 인덕터스는 유닛에 따라 최대 20% 이상 차이가 날 수 있으므로 측정의 정확성에 영향을 미친다.

이 방법은 인덕터 ESR 방법과 유사하다. 인덕터 전압을 측정하고 (식 1)을 이용해 전류를 계산해낸다. 그러나 인덕터는 유닛에 따라 최대 20% 이상 차이가 날 수 있으므로 측정의 정확성에 영향을 미친다.

4. 전류 트랜스포머

이는 고효율 시스템에서 가장 흔히 사용되는 방법으로 인터터 전류의 일부를 전류 트랜스포머를 이용해 센싱하는 것이다. 그러나 이 방법은 구현 비용이 많이 들고, 트랜스포머를 사용해야 하며, 상당한 보드 공간을 차지한다.

기존의 전류센싱 방법들은 저마다 정확성 면에서 한계를 지니므로 디자인의 전반적인 효율에 영향을 미치며, 보드 공간을 상당히 차지하기도 한다. 이러한 이유로, 새로운 정밀 무손실 전류센싱 방법이 개발되었다.

새로운 무손실 측정 솔루션은 한 개의 MOSFET 다이를 활용해서 구현된다. 다이 상에 몇 개의 격리된 소스(Source) 셀들을 별도의 센싱 핀에 연결하여 내부에서 등가의 미러 MOSFET을 구현한다. 소스 셀과 센싱 셀 간의 비율은 매우 커서 메인 MOSFET에 전류가 흐르면 미러 MOSFET에는 훨씬 작은 전류가 생성된다.

$$I_{\text{RATIO}} = \frac{I_{\text{SOURCE}}}{I_{\text{SENSE}}} \quad (\text{식 } 2)$$

메인 MOSFET과 미러 MOSFET은 공통의 게이트와 드레인 커넥션을 공유하지만 별도의 소스들을 갖는다. 메인 MOSFET 소스에 대한 Kelvin 커넥션은 소스 전압의 값에 영향을 미치지 않고서 이를 모니터링할 수 있는 방법을 제공한다. 이 싱글다이 MOSFET은 미러 MOSFET을 통해 작은 전류 흐름을 측정함으로써 무손실 전류 모니터링을 가능케 해준다. 이러한 측정은 주요 전류 경로(I_{SENSE} 는 I_{SOURCE} 보다 400배 작다) 바깥에서 이루어지기 때문에 시스템 효율에 미치는 영향이 아주 작다. 따라서 센싱 전류의 측정을 통해 부하 전류를 정확하게 측정할 수 있다. 이러한 싱글다이 MOSFET을 SENSEFET이라고 한다.

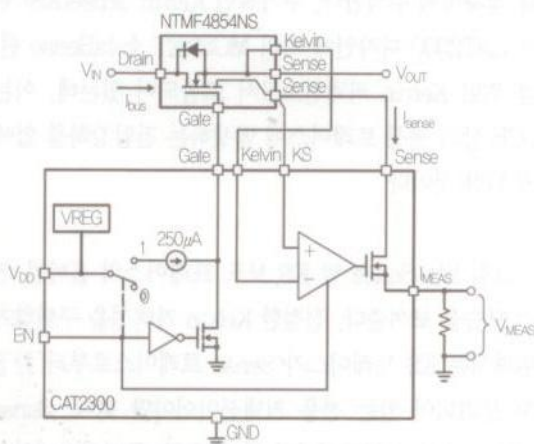


그림 1: 측정 회로

그림 1은 ON Semiconductor에서 개발한 새로운 2 칩 전문센싱 솔루션으로서 정말 무손실 전문센싱 기능

을 수행할 수 있다. SENSEFET 컨트롤러인 CAT2300은 로드 스위치 애플리케이션을 위한 전류 모니터링 소자이다. CAT2300은 0.9V~1.5V 범위의 파워서플라이 레일에서 1A~25A의 부하 전류를 모니터링할 수 있다.

이 소자는 무손실 전류센싱과 SENSEFET의 온오프 제어라는 두 가지 목적을 위해 설계되었다.

SENSEFET의 게이트는 CAT2300의 로직 레벨 EN 핀에 의해 제어된다. 로직 하이(Logic high) 신호는 SENSEFET을 켜고, 로직 로우(Logic low) 신호는 SENSEFET을 끈다. 게이트 턴 온 시간은 VDD와 게이트 사이에 풀업 저항을 추가하거나(보다 빠른 턴 온) 혹은 SENSEFET 게이트와 소스 사이에 커패시턴스를 추가함으로써(보다 부드러운 턴 온) 조정할 수 있다.

전류센싱 회로는 MOSFET 팔로워 스테이지를 갖는 앰프로 이루어져 있다. Kelvin 신호가 전압 레퍼런스로 사용되며, 팔로워 스테이지를 갖는 OP 앰프는 Sense 단자를 Kelvin 단자와 동일한 전위로 유지해 센싱 전류를 정확하게 추적한다. 추가적인 Kelvin Sense(KS) 핀이 CAT2300 디자인에 미러 MOSFET 소스(Sense 핀)를 위한 Kelvin 커넥션으로서 포함되어 있는데, 이는 PCB 상의 센싱 트레이스에 발생하는 전압강하를 없애기 위한 것이다.

그림 2는 Sense 및 KS 보드 트레이스의 올바른 연결 모습을 보여준다. 진정한 Kelvin 커넥션을 구현하기 위해서는 KS 트레이스가 Sense 트레이스로부터 완전히 분리되어 있는 전용 커넥션이어야만 하며, Sense 핀에서 바로 시작되어야만 한다. PCB 트레이스에서의 손실을 최소화하기 위해서는 좋은 레이아웃 원칙을 지켜야만 한다. CAT2300을 SENSEFET에 가능한 한 가까이 배치하여 PCB 트레이스 길이를 짧게 유지하고, 적절한 Kelvin 커넥션을 사용해야 모두 좋은 결과를 얻

을 수 있다. 별도의 그라운드 플레인을 갖는 PCB를 추천한다.



그림 2: Sense 및 KS 신호의 PCB 트레이스 커넥션

외부 저항 R_{MEAS} 이 CAT2300의 I_{MEAS} 핀과 그라운드 사이에 배치되어 측정 가능한 전압을 생성하는데, 그 값은 미러 MOSFET에 흐르는 센싱 전류에 비례한다. 이 전압 V_{MEAS} 는 다음과 같이 계산된다.

$$V_{MEAS} = I_{SENSE} * R_{MEAS} \quad (\text{식 3})$$

부하 전류는 (식 2)와 (식 3)의 조합을 통해 알아낼 수 있다.

$$I_{LOAD} = I_{RATIO} * \frac{V_{MEAS}}{R_{MEAS}} \quad (\text{식 4})$$

〈측정 저항의 선택〉

R_{MEAS} 의 값은 애플리케이션의 전압 레일과 부하전류 범위를 포함한 여러 요소들에 달려 있다. (식 5)는 R_{MEAS} 가 주어진 애플리케이션에서 가질 수 있는 최대 값을 나타낸다. V_K 는 SENSEFET Kelvin 단자의 전압이며, I_{MAX} 는 애플리케이션에 사용되는 최대 부하 전류이다. I_{RATIO} 는 SENSEFET 소자 데이터시트에 명시되어 있다.

$$R_{MEAS} = \frac{(V_K - 0.1)}{I_{SENSE}} = I_{RATIO} * \frac{(V_K - 0.1)}{I_{MAX}} \quad (\text{식 5})$$

한 예로서, ON Semiconductor의 NTMFS4854NS SENSEFET이 1.5V 파워 레일에 사용되며, 최대 부하

는 10A라고 가정하자. (식 6)에서 보듯이 SENSEFET 데이터시트에 명시된 최대 $R_{DS(on)}$ 값을 이용해 최대 부하 전류에서의 V_K 를 추정할 수 있다.

$$V_K = V_{IN} - I_{MAX} * R_{DS(ON)MAX} \quad (\text{식 6})$$

4.5 VGS에서 NTMFS4854NS의 전형적인 I_{RATIO} 는 399이며, 최대 $R_{DS(ON)}$ 는 $3.9m\Omega$ 이다. (식 6)을 이용하면 $V_K = 1.5V - (10A) * (3.9m\Omega) = 1.461V$ 가 된다. 따라서 CAT2300의 I_{MEAS} 핀에서 생성 가능한 최대 전압은 10A의 부하 전류에서 1.361V인 것으로 추산된다.

R_{MEAS} 의 최대 값은 (식 5)와 (식 6)의 조합을 통해 계산할 수 있다. 이 값을 초과해서는 안 된다.

$$R_{MEAS} = 399 * \left(\frac{1.461 - 0.1}{10} \right) = 54.3\Omega \quad (\text{식 7})$$

입력전압 범위 전체에 걸쳐 최상의 측정 결과를 얻기 위해서는 최대 부하전류에서 CAT2300의 I_{SENSE} 핀 상에 0.8V를 생성하는 R_{MEAS} 저항값을 선택해야 한다.

$$R_{MEAS} = V_{MEAS} * \frac{I_{RATIO}}{I_{LOAD}} = 0.8V * \frac{I_{RATIO}}{I_{LOAD}} \quad (\text{식 8})$$

이 예에서 전부하 상태의 V_{MEAS} 에서 0.8V를 얻기 위해 R_{MEAS} 는 다음과 같이 된다.

$$R_{MEAS} = 0.8V * \frac{399}{10A} = 31.9\Omega \quad (\text{식 9})$$

최상의 측정 정확도를 얻기 위해서는 공차 1% 미만의 저항을 사용할 것을 권장한다.

그림 3은 ON Semiconductor의 2칩 솔루션을 이용해 1~10A의 부하전류 범위에서 부하 스위치 애플리케이션에 대해 측정된 I_{RATIO} 를 보여준다. 그림에서 보듯이,

I_{RATIO} 는 부하전류 범위 전체에 걸쳐 거의 평탄하다. 측정된 I_{RATIO} 는 1A 이하의 전류에서는 정확성을 잃는데, 이는 CAT2300 내부 OP 앰프의 입력 오프셋 전압으로 인한 것이다.

앞서 언급했듯이, Source 및 Sense 단자가 일정한 I_{RATIO} 를 갖기 위해서는 동일한 전위로 유지되어야만 한다. Op 앰프의 입력 오프셋 전압은 두 단자 간에 전압차를 만들어 측정 오류를 일으킬 수 있다. 이러한 측정 오류는 1A 이하의 전류에서 가장 두드러지게 나타난다.

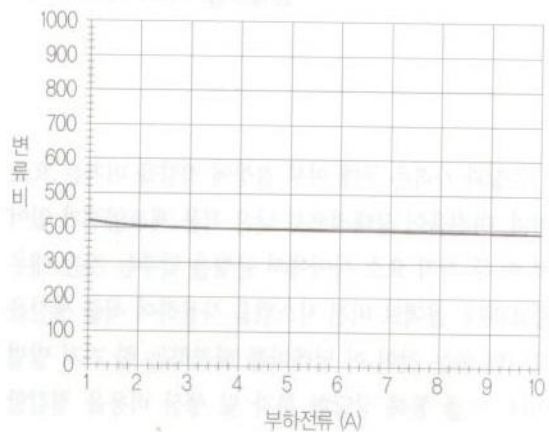


그림 3 : 부하전류 범위(1A~10A)에서 측정된 I_{RATIO}

이상에서 설명한 새로운 2칩 무손실 전류센싱 솔루션은 다수의 부품으로 이루어진 거추장스러운 디스크리트 솔루션 없이도 전류를 정밀측정할 수 있도록 해준다. 이 제품을 이용하면 보드 면적을 줄일 뿐 아니라 전력소모를 줄이고 신뢰성을 향상시키며 BoM 비용을 낮출 수 있다. 회로가 구현된 것을 보면 알 수 있듯이, I_{RATIO} 는 아래로 1A에 이르기까지 부하전류 범위 전체에 걸쳐 상수로 남게 된다.