

# 자동차용 ABS/TCS 인터페이스 시스템 IC의 설계

## Design of an Interface System IC for Automobile ABS/TCS

이 성 필\*, 김 찬\*\*

Sung-Pil Lee\*, Chan Kim\*\*

### 요 약

자동차용 ABS/TCS 시스템의 기존 개별소자 회로를 시험하고, 시스템의 문제점을 컴퓨터 시뮬레이션으로 분석하였다. ABS/TCS 시스템의 성능을 개선하기 위해 에러 보상회로, 비교기 및 UVLO 회로를 가진 인터페이스 IC를 설계하고, 전기적 특성을 조사하였다. 전압 조절기는 자동차 환경에 견디기 위해 -20℃에서 120℃ 사이의 온도 범위에서 온도변화를 보상하도록 하였고, ABS와 브레이크는 같은 주파수와 다른 주파수의 듀티 계수를 사용하여 분리하였다. UVLO 회로와 정전압 회로는 잡음을 제거하기 위해 적용하였고, 과도 전류를 제한하기 위해 보호회로를 사용하였다. ABS/TCS 시스템의 전기적 성능을 향상시키기 위해 IC 제조를 위한 레이아웃을 설계하였다. 제작된 마스크 패턴은 11개로 구성하였으며, 전류 손실을 줄이기 위해 8개의 패드를 유효하게 배치하였다. 브레드보드 시험치와 레이아웃을 설계한 후 시뮬레이션의 시험치를 비교한 결과 시뮬레이션과 브레드보드 실험치가 거의 일치하거나 우수한 결과를 가짐을 알 수 있었다.

### Abstract

The conventional discrete circuit for ABS/TCS system was examined and the problems of the system were analyzed by computer simulation. In order to improve the performance of ABS/TCS system, interface IC which has error compensation, comparator and under voltage lock-out circuit was designed and their electrical characteristics were investigated. The voltage regulator was included to compensate the temperature variation in the temperature range from -20℃ to 120℃ for automobile environment. ABS and brake signal were separated using the duty factor of same frequency or different frequencies. UVLO(Under Voltage Lock-Out) circuit and constant current circuit were applied for the elimination of noise, and protection circuit was applied to cut the excess current off. Layout for IC fabrication was designed to enhance the electrical performance of ABS/TCS system. Layout was consisted of 11 masks, arrayed effectively 8 pads to reduce the current loss. We can see that the result of layout simulation was better than the result of bread board.

**Keywords** : interface IC, automobile ABS/TCS, UVLO circuit

### I. 서 론

대부분 자동차 브레이크(brake) 장치들은 주행 중 급제동 시 각 바퀴가 고정되어 관성으로 미끄러지는 현상이 쉽게 발생하게 되고, 이로 인하여 제동력이 급격히 저하되어 제동 거리가 길어지는 스핀(spin) 현상이 발생하게 된다. ABS(Anti-Lock Brake System)는 이런 단점을 보완하여 급제동시나 빙판길 주행시 바퀴의 고정을 방지하여 제동거리를 단축시켜준다<sup>[1]</sup>. 차량의 최대 감속은 최대 에너지 변환이 제동 시스템에서 일어날 때 얻어진다. 이것은 디스크와 브레이크 드럼(brake drum)에서 운동에

너지가 열에너지로 변환되는 것이다. 이 변환은 타이어가 미끄러지고 있을 때는 비효율적이다. 능숙한 운전자는 브레이크를 밟았다 떼었다 하여 바퀴가 잠기는 것을 방지 할 수 있다. 그러나 전자제어를 이용하여 위와 같은 작용을 하면 훨씬 더 우수한 결과가 얻어진다<sup>[2]</sup>. 또한 TCS(traction control system)는 구동력 제어 시스템으로 빙판길이나 경사진 곳에서의 출발 시 또는 주행 중 가속 시 바퀴가 헛돌거나 미끄러지는 현상을 제어하여 차량이 부드럽게 출발 및 가속할 수 있도록 해 주는 전자제어 장치로 ABS와 함께 쓰이고 있다. 이러한 자동차용 ABS/TCS 인터페이스 시스템은 개별소자로 구성되어 있어 집적화된 소자에 비해 속도와 정밀도가 떨어진다<sup>[3]</sup>. 즉 개별소자로 된 시스템은 외부에서 인가되는 전압의 변동이 지속적이거나 큰 경우에 전원이 일정한 전압으로 유지되지 않기 때문에 전원에 따른 전류의 변동이 커지

\*경남대학교 전자공학과  
접수 일자 : 2006. 5. 29  
논문 번호 : 2006-3-9

수정 완료 : 2006. 8. 9

는 단점이 있고, 주위의 온도 변화를 보상하는 정전압회로가 없으며, 출력 보호회로가 없기 때문에 사용자의 실수로 램프 쪽이 단락 되었을 경우 회로가 파괴되어 전체 시스템을 교체하여야 한다.

본 연구에서는 전술한 개별소자 시스템의 단점을 보완하기 위해 자동차용 ABS/TCS 인터페이스 집적회로를 설계하고 레이아웃을 작성한 후 시뮬레이션하였다. 각 개별소자의 전기적 특성을 분석하여 반도체 회로 블록설계의 기초자료로 사용하였고, 고 신뢰성을 위해 각종 안전장치 및 보호회로를 기존회로에 추가하였다. 전체 시스템은 외부전압과 온도 변화를 보상하는 정전압회로, 비교회로, 브레이크 및 ABS 동작회로, UVLO(Under Voltage Lock-Out) 회로, 출력회로 및 출력보호회로로 구성하였으며, 자동차 환경에서의 노이즈 대책 회로를 추가하였다.

## II. ABS/TCS 인터페이스 회로의 설계

그림 1은 현재 자동차에서 적용되는 개별소자로 구성된 ABS/TCS 인터페이스 회로이다. Q<sub>18</sub>은 브레이크 구동 트랜지스터, Q<sub>11</sub>은 ABS 구동 트랜지스터 그리고 Q<sub>13</sub>은 TCS 구동 트랜지스터이다. 점화가 되면 전원전압 V<sub>1</sub>이 인가되고, 다이오드 D<sub>1</sub>을 통하여 Q<sub>18</sub>의 베이스와 Q<sub>11</sub>의 베이스에 전압이 인가되어 구동을 한다. ABS 입력에 신호가 들어오면, ABS 램프는 꺼지게 된다. 자동차의 전원전압은 축전지 전압으로 통상 13.5V를 사용하고 있으나, 실제의 주행에 따라 자동차의 발전기에서 충전되는 전압에 따라 10V ~ 18V의 전원이 발생된다. 그림 1에서 전원에 대한 노이즈를 방지하기 위해 콘덴서 C<sub>1</sub>과 C<sub>2</sub>에 의하여 일정시간 지연을 가지고 난 뒤 램프에 불이 들어오게 설계한 것을 알 수 있다. 그러나 외부에서 인가되는 전압의 변동성이 지속적이거나 큰 경우, 전원이 일정한 전압으로 유지되지 않기 때문에 전원에 따른 회로의 변동이 커지는 단점을 피할 수 없다.

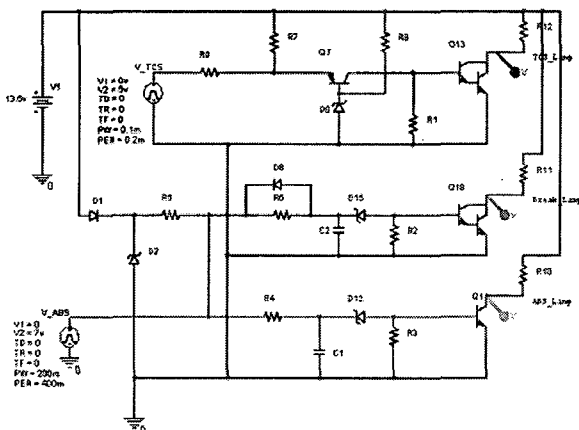


그림 1. 개별 소자를 사용한 ABS/TCS 인터페이스 회로  
Fig. 1. ABS/TCS interface circuit using discrete devices.

집적회로를 위한 자동차용 ABS/TCS 인터페이스 회로는 그림 2과 같이 정전압회로, 비교회로, UVLO 회로, 출력회로, 온도 보호회로, 출력 단락 보호회로 및 정전류회로로 구성된다. 자동차의 점화에 의해 전원이 들어오면, 내부 정전압회로나 정전류회로는 정상상태가 될 때까지 출력회로를 구동시키지 않고 대기상태가 된다. 이때 정전압회로에서는 각 비교기에서 필요로 하는 정전압을 온도나 외부의 전원전압의 변동에도 일정한 전압을 발생시키고, 정전류회로에서는 출력회로에서 필요로 하는 구동전류를 형성시켜준다.

ABS 나 TCS에서 신호가 들어오며, 각 비교기의 입력에는 내부에서 발생된 일정한 정전압과 비교하여 그 이상의 전압이 입력되었을 경우 신호로 인식하여 출력을 구동시키게 된다. ABS의 입력부에는 지연회로가 있어 주파수나 일정 주파수의 듀티 계수를 읽고, 느린 주파수 또는 큰 듀티 계수로 입력이 되었을 경우 브레이크 비교기를 구동시키게 되고, 보다 높은 주파수 또는 낮은 듀티 계수로 입력되었을 경우 ABS 비교기를 구동시키게 된다.

출력회로는 비교기에서 나오는 신호를 바탕으로 하여 출력전류를 충분히 구동시킬 수 있도록 구동 회로가 내장되어 있다. 사용자의 실수로 램프 쪽이 단락 되었을 경우 회로가 파괴되어 전체 시스템을 교체하여야 되는 경우를 방지하기 위해 일정 출력전류이상의 전류가 발생되면, 출력을 구동시키지 못하도록 하는 출력 보호회로가 내장되어 있다. 또한 전체시스템 또는 출력 트랜지스터의 지속적인 전류발생으로 인하여 IC 내부에 높은 온도가 발생되었을 경우 열 폭주에 의한 IC의 파괴를 막기 위해 일정 온도이상에서 IC를 보호 시켜주는 온도보호회로가 내장되어 있다.

### 2.1 정전압 회로

자동차전원은 변동이 크기 때문에 외부의 전압 변동에도 일정한 내부 전압을 발생시켜 항상 내부 회로가 일정하게 동작시킬 필요가 있으며, 온도 변화가 심한 환경 속에서도 일정한 동작을 하기 위해서는 온도의 변화에 무관한 내부 정전압원이 필요하다. 환경 보상으로 설계된 정전압 회로는 그림 3과 같다.

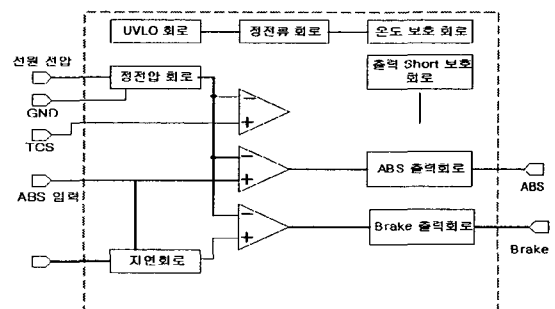


그림 2. ABS/TCS 시스템의 개략도  
Fig. 2. Block diagram of ABS/TCS system

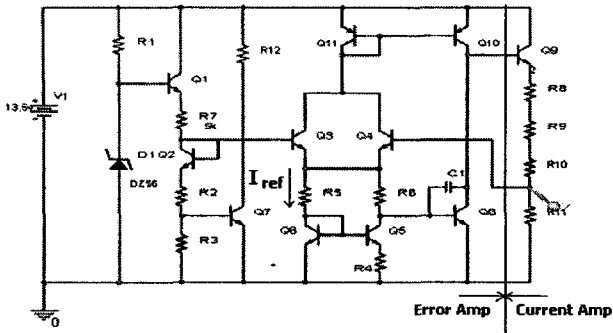


그림 3. 환경적 에러를 보상하기 위한 정전압 회로  
 Fig. 3. Constant voltage circuit included error amplifier for environmental compensation

Q<sub>1</sub>을 통하여 흐르는 기준 전압원의 바이어스 전류 I<sub>E</sub>는 제너 다이오드와 Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>의 V<sub>BE</sub>값에 의존하고 입력 공급 전압에는 무관하므로 식 (1)과 같이 표현된다.

$$I_E = V_Z - \frac{2V_{BE}}{R_7 + R_2 + R_3} \quad (1)$$

제너 전압 V<sub>Z</sub>는 정 온도계수를 가지고, 트랜지스터의 베이스-에미터간 전압 V<sub>BE</sub>는 부 온도계수를 가지므로 그 변화율은 비슷하다(ΔV<sub>Z</sub> = ΔV<sub>BE</sub>). 그러므로 보상된 기준전압인 V<sub>BE</sub>는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

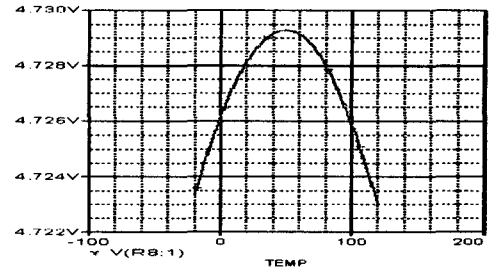
$$V_{BE3} = V_Z - V_{BE}(Q_1) - I_E \times R_7 \quad \text{또는}$$

$$V_{BE3} = V_{BE}(Q_1) - I_E(R_2 + R_3) \quad (2)$$

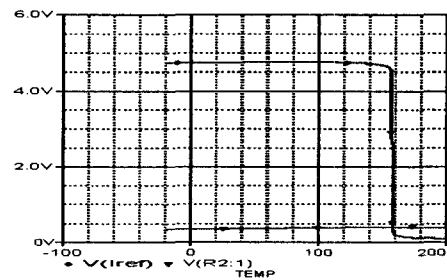
또한 Q<sub>7</sub>과 R<sub>3</sub>는 열 폭주 현상을 보호해 주는 역할을 한다. 통상 동작 시 Q<sub>7</sub>은 차단 상태이다. 그러나 과도한 온도상승으로 인한 V<sub>BE</sub>(Q<sub>7</sub>)의 감소와 I<sub>E</sub>의 증가는 Q<sub>7</sub>을 도통시킨다. 즉 R<sub>12</sub>를 통하여 출력 전류를 접지 쪽으로 보낸다

그림 3의 오른쪽 단은 출력 전압을 피드백 시켜 차동 증폭기를 통해 기준전압과 비교하여 출력을 유지하는 회로이다<sup>[4,5]</sup>. 만약 V<sub>B3</sub>가 V<sub>B4</sub> 보다 큰 경우, Q<sub>8</sub>의 베이스에 작은 전류가 흘러 Q<sub>8</sub>은 도통되기 어렵다. 반면 Q<sub>10</sub>으로 흘러나온 전류가 Q<sub>9</sub>의 베이스에 흘러 들어가 도통이 되어 V<sub>0</sub>은 증가한다. 그러나 만약 V<sub>B3</sub>가 V<sub>B4</sub> 보다 작을 경우, Q<sub>8</sub>의 베이스에 많은 전류가 흘러 Q<sub>8</sub>은 도통된다. 즉 Q<sub>10</sub>으로부터 흘러나온 전류가 대부분 Q<sub>8</sub>쪽으로 흐르기 때문에 Q<sub>9</sub>의 베이스 쪽으로는 적은 전류가 흘러 V<sub>0</sub>는 감소한다. 즉 부재한 회로를 통해 부재한 전압과 기준전압의 일치를 제공한다. 이를 정리하면 V<sub>1</sub>에 입력전압이 발생되면 저항 R<sub>1</sub>과 제너다이오드 D<sub>1</sub>에 의해 1

차 정전압이 발생된다. 이 정전압에 의해 R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub>, Q<sub>5</sub>, Q<sub>6</sub>, Q<sub>8</sub>로 이루어진 밴드 갭 정전압이 형성된다.



(a)



(b)

그림 4. 온도변화에 따른 출력 전압 변화; (a) -20°C ~ 120°C, (b) 155°C 이상

Fig. 4. Change of output voltage by temperature variation; (a) -20°C ~ 120°C, (b) above 155°C

그림 4(a)는 주위온도가 -20°C에서 120°C까지 변화할 때 출력 전압의 변화를 나타낸 결과이다. 이 범위의 온도에서 최대 약 5.8 mV의 변화만 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 -20°C에서 120°C까지의 범위에서는 거의 일정한 출력전압을 나타낸다고 말할 수 있다. 또한 그림 4(b)에서 온도가 155°C 이상으로 높아지면 실리콘의 고유특성 상소자가 동작하지 않음을 알 수 있다<sup>[6]</sup>.

그림 5는 자동차 축전지 전압의 변동에 따른 출력을 나타낸 것으로, 입력전압이 10V~18V까지 변화더라도 4.7V를 유지함을 알 수 있으며, 이때 출력전압은 저항 R<sub>8</sub>, R<sub>9</sub>, R<sub>10</sub>, R<sub>11</sub>의 비율로 결정된다.

### 2.2 비교기 회로

자동차용 ABS/TCS 인터페이스 IC를 설계하기 위해 3개의 비교기를 사용하였다. 그림 6은 브레이크/ABS 비교기 회로를 나타낸 것이다. 브레이크와 ABS 입력은 동일한 선상에 있기 때문에 각각의 신호를 분리해서 처리할 필요가 있다. 여기에서는 주파수 또는 동일주파수의 듀티 효과를 이용하여 신호를 구분하도록 하였다. 그림 6에서 높은 주파수 또는 낮은 듀티 효과의 입력이 들어오게 되면, 입력 시간이 R<sub>15</sub>와 C<sub>2</sub>로 결정되는 시정수(τ=RC)에 미치지 못하기 때문에 Q<sub>20</sub>과 Q<sub>22</sub> 중에서 ABS 쪽인 Q<sub>20</sub>의 베이스로만 신호가 인가되고, 차동 증폭기로 구성된 다른 쪽 입력인 Q<sub>21</sub>의 정전압과 비교되어 그 전압이상

에서만 출력신호가 나타난다. 만약 입력신호의 주파수가 낮아 지거나, 듀티 효과가 높아지면, R<sub>15</sub>와 C<sub>2</sub>의 시정수에 의해 Q<sub>22</sub>의 베이스전위는 충분히 충전을 하게 되고, 따라서 차동 증폭기의 다른 쪽 입력으로 연결되어 있는 Q<sub>23</sub>의 정전위를 뛰어넘게 되어 출력이 나타나게 된다. 즉 브레이크와 ABS 회로가 같이 동작하게 된다.

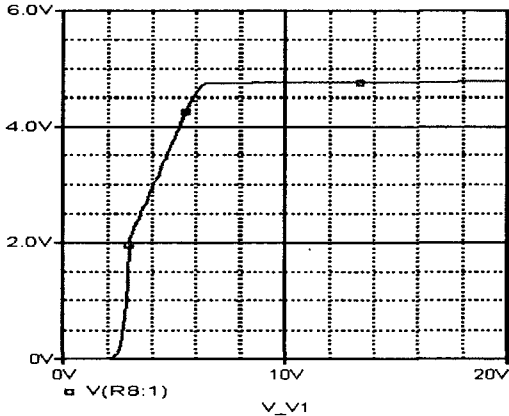


그림 5. 축전지 전압 변동에 따른 출력 전압  
Fig 5. Output voltage to battery voltage variation

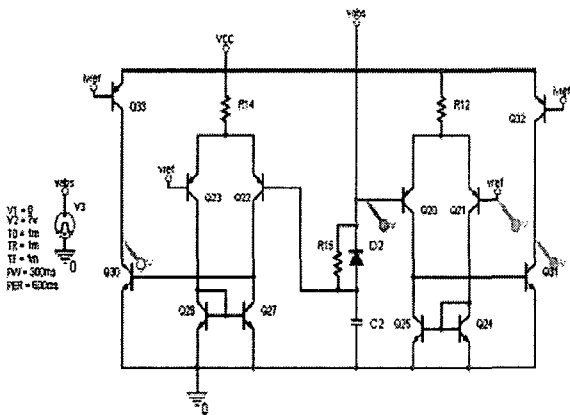


그림 6. 브레이크/ABS 비교기 회로  
Fig. 6. Brake/ABS comparator circuit

그림 7은 브레이크와 ABS 회로의 동작 상태를 나타낸 것이다. 그림 7(a)에서와 같이 주파수가 낮은 신호인 경우 브레이크 회로 출력(Q<sub>33</sub>)과 ABS 회로 출력(Q<sub>32</sub>, Q<sub>21</sub>)이 같이 나타남을 볼 수 있지만, 신호의 주파수가 높은 경우(그림 7(b)), 브레이크 회로는 출력을 나타내지 않고, ABS 회로만 동작하는 것을 볼 수 있다.

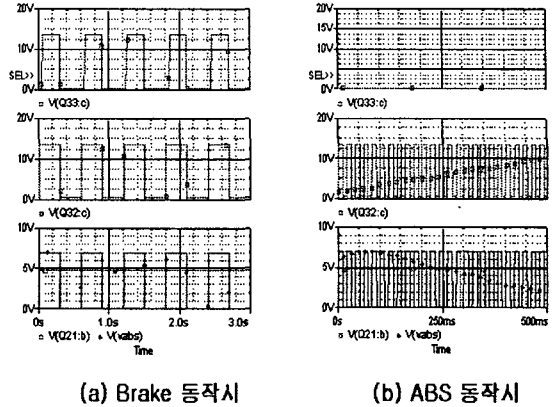


그림 7. 브레이크와 ABS 회로의 출력  
Fig. 7. Output of brake and ABS circuit

2.3 UVLO(Under Voltage Lock-Out)회로

자동차 전원은 10V~18V로 유동적이며, 접화가 차단된 상태에서는 자동차에 부착되어 있는 축전지로만 모든 전원이 연결되기 때문에 전압변동이 커질 수 있다. 또한 접화가 시작되면 자동차의 발전기가 작동하는데, 이때 많은 노이즈가 발생되어 전기 장치에는 오동작의 위험이 발생한다. 이를 방지하기 위해 개별소자에는 없는 UVLO회로를 설계하여 특정전압이상에서만 회로가 동작하고, 일단 동작상태가 되면 전원전압이 더 떨어지더라도 회로가 동작할 수 있도록 하였다<sup>[6]</sup>. 그림 8은 UVLO 회로 및 전류 공급원을 나타내고 있다.

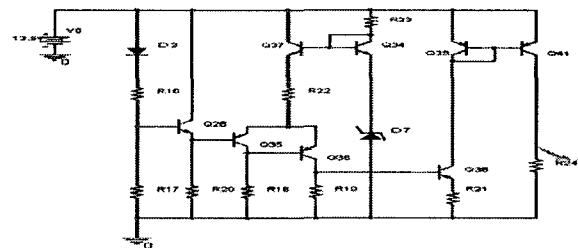


그림 8. UVLO 회로와 정전류 회로  
Fig. 8. UVLO and constant current circuit

다이오드 D<sub>3</sub>과 R<sub>16</sub>과 R<sub>17</sub>은 전원전압에 연결되어 전원의 변동을 모니터링하고 있으며, 그 전압은 식 (3)으로 나타낼 수 있다.

$$V_m(Q_{28} \text{의 베이스 전압}) = (V_{cc} - D_{3,VD})/R_{17} \quad (3)$$

즉, 이미터 폴로위의 형태를 가지는 Q<sub>28</sub>에 의해 전원전압이 Q<sub>35</sub>의 베이스에 나타난다. Q<sub>35</sub>와 Q<sub>36</sub>은 슈미트 트리거회로로 구성되어 전원전압이 높아짐에 따라 Q<sub>35</sub>를 차단시키고, Q<sub>36</sub>을 동작시킴에 따라 출력 트랜지스터 Q<sub>38</sub>을 구동시킨다. 따라서 전류 복사원의

형태를 취하고 있는 Q<sub>39</sub>와 Q<sub>41</sub>을 구동시켜 전체 바이어스 전류를 공급해 주게 된다.

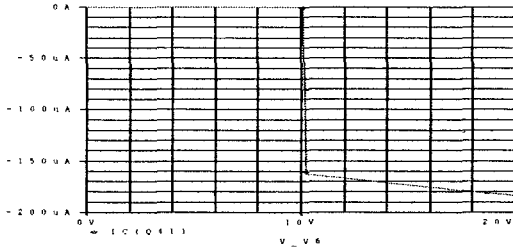


그림 9. 정전류원의 출력 특성  
Fig. 9. Output of constant current circuit

전원 동작 시 약 10V에서 구동하도록 설계가 되어 있으며, 동작상태에서 전원전압은 8V까지 떨어져도 동작이 가능하도록 하였다. Q<sub>38</sub>의 이미터에 연결되어 있는 저항은 공급되는 전류값을 결정하도록 되어 있다. 그러므로 전류공급원에서는 약 150uA이상의 전류를 공급하도록 설계되어 있다<sup>7)</sup>. 그림 9는 전류공급원의 출력 특성이다.

D<sub>7</sub>은 5.6V 제너다이오드<sup>8)</sup>로서 R<sub>23</sub>과 연결되어 일정한 전압을 유지하도록 되어 있으므로, Q<sub>38</sub>의 컬렉터에 흐르는 전류는 식 (4)와 같이 결정된다.

$$I_{c,Q38} = \frac{(5.6V - V_{sat,Q36}) * R_{19}}{(R_{19} + R_{22}) - V_{bc,Q38} / R_{21}} \quad (4)$$

그림 10은 설계된 자동차용 ABS/TCS 인터페이스 IC의 전체 회로도이다.

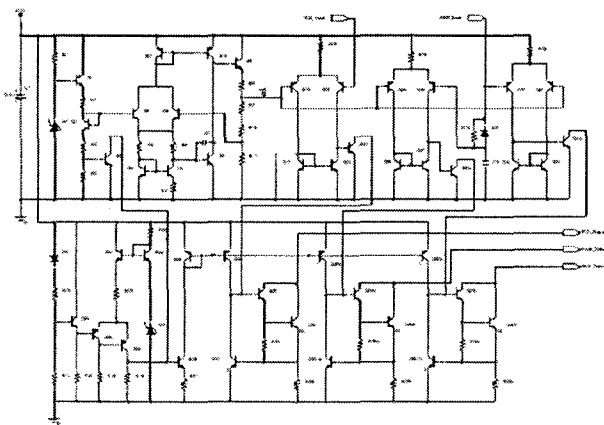


그림 10. 자동차용 ABS/TCS 인터페이스 IC의 전체 회로도

Fig. 10. Designed circuit of automobile ABS/TCS interface IC

### III. 집적회로를 위한 레이아웃 설계

집적회로를 위해 제작된 각 패턴은 모두 11개로 구성되어 있다. 트랜지스터의 기생 누설전류와 컬렉터 저항성분을 줄이기 위한 N<sup>+</sup> 매몰층, 각 소자를 분리하기 위한 분리 패턴, 제너다이오드를 형성하기 위한 P<sup>+</sup> 베이스 고농도 도핑 패턴, 반도체 소자 중 저항으로 사용하기 위한 베이스 확산 저항 층, 고 저항으로 사용하기 위한 임플란트 저항 층, npn 트랜지스터의 에미터와 컬렉터로 사용하기 위한 패턴, 콘덴서 패턴, 각 소자와의 전기적 연결을 위한 콘택 층, 금속 패턴, 각 소자를 보호하기 위해 패시베이션 층 및 외부 핀과의 연결을 위해 패드 패턴이다. 그림 48은 최종 완성된 패턴 레이아웃으로서 전부 8개의 패드를 가지고 있으며, 출력 패드 부분에는 전류가 많이 흐르기 때문에 일반 패드에 비해 2배 이상의 크기를 가지고 있다. 또한 접지부분에는 공통으로 출력 트랜지스터에 연결되어 있으므로 많은 전류를 흘려야 하기 때문에 패드를 넓게 설계하였다. 회로에서 가장 중요한 부분 중 하나가 출력 트랜지스터이다. 따라서 많은 전류에 의한 손실을 줄이기 위해 출력 트랜지스터의 컬렉터 부분과 패드간 거리를 짧게 하기위해 패턴 우측 중간부분에 위치하도록 하였고, 대신 어셈블리 시 와이어 연결 위치를 패턴 가장자리에서 중심부로 옮겨 연결되도록 설계하였다. 출력 트랜지스터의 포화전압을 줄이기 위해 깊은 컬렉터 층을 추가하였고, 출력 트랜지스터 주위의 접지 전위를 안정화하기 위해 접지 금속과 분리 영역을 일정간격으로 연결하였다.

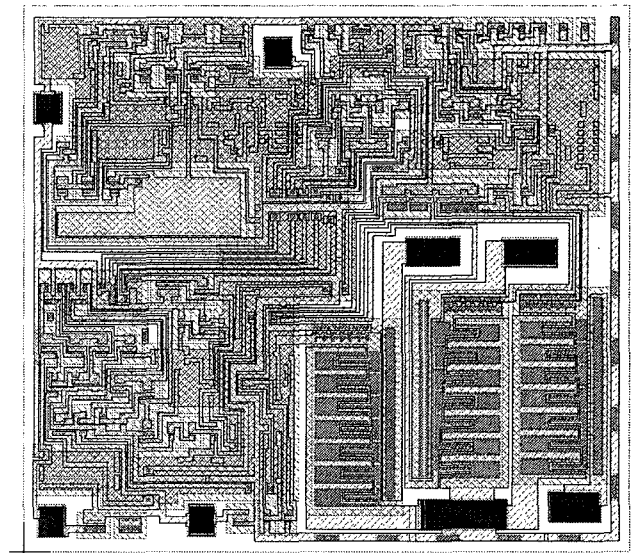


그림 11. ABS/TCS 인터페이스 IC의 패턴 레이아웃

Fig. 11. Pattern layout of ABS, TCS interface IC.

IV. 결론

본 연구에서는 개별소자로 구성된 ABS, TCS 시스템의 전기적 특성을 분석하고, 새로운 기능을 추가한 ABS, TCS 액티브 시스템의 인터페이스 IC 회로를 설계하였다. 설계된 회로는 시뮬레이션 결과 기존의 전기적 특성을 만족했을 뿐 아니라, 추가된 보호회로 및 온도보상회로는 자동차의 악성 환경에서도 고 신뢰성을 갖는다는 것을 알 수 있었다.

정전압 회로를 구현하여 온도 변화가 심한 환경 속에서도 일정한 동작을 하였고, 3개의 비교기를 사용하여 기준 전압과 각각의 신호를 구분하여 처리하였다. 즉 입력전압이 10V~18V 까지 변화하더라도 4.7V를 유지하도록 하였으며, 출력전압은 저항들의 비율로 결정하도록 하였다. 온도 보상회로를 추가하여 -20℃에서 120℃의 온도범위에서 일정한 출력전압을 나타내도록 설계하였으며, 시뮬레이션을 통해 안정된 출력을 나타냄을 확인하였다. 브레이크 작동 시 낮은 주파수에서는 브레이크와 ABS 출력이 동시에 나타났고, 높은 주파수에서는 브레이크 부분은 동작하지 않고 ABS부분만 동작하는 것을 알 수 있었다. 또한 UVLO 회로를 적용하여 노이즈 성분을 제거하였으며, 출력 회로의 과전류에 대한 방지 회로를 구현하여 원하지 않는 과전류가 흐를 때 이를 보호하도록 설계하였다.

집적회로를 위해 제작된 각 패턴은 모두 11개로 구성하였으며, 전류 손실을 줄이기 위해 8개의 패드를 유효하게 배치하였다. 표 1은 브레드보드 시험 결과와 레이아웃을 설계한 후 시뮬레이션한 결과를 비교한 것으로 시뮬레이션 결과가 브레드보드 실험결과와 거의 일치하거나 우수한 결과를 가짐을 알 수 있었다.

표 1 브레드보드 시험 결과와 시뮬레이션 결과 비교  
Table. 1 Comparison of bread board test and simulation result

항목	브레드보드 측정 값	시뮬레이션 결과	비고
기준전압 발생	3.6V	3.7V	저항 편차
전원전압 변동	8 ~ 34V	8 ~ 30V	우수
ABS 신호입력	3.7	3.6	유사한 결과
TCS 신호입력	4.6	4.5	유사한 결과
출력 전류	100mA	100mA	동일 결과

참고문헌

- [1] J. R. Tom Weathers, Computerized Engine Control and Diagnostics, Prentice Hall, 1990.
- [2] K. Layne, Automotive Engine Performance, Prentice Hall, 1933.
- [3] N. G. Einspruch and J. L. Hilbert, ASIC Technology, Academic Press, 1991.
- [4] P. R. Gray and R.G. Meyer, Analysis and Design of Analog Intergrated Circuit, John Wiley, 1984.
- [5] J. P. Huber and M. W. Rosneck, Successful ASIC Design, Von Nostran Reihold, 1991.
- [6] S. Soclof, Design and Application of Analog Integrated Circuit, Prentice Hall, 1991.
- [7] D. Mogan and S. Weber, "Noise and signal to noise ratio in electrochemical detectors", Anal. Chem., Vol. 56, pp. 2560-2567, 1984.
- [8] F. Nouri and B. Scharf, "Polysilicon-Emitter Bipolar Transistors with Interfacial Nitride," Proc. IEEE Bipolar Circuits Technol .Mtg, P. 88, 1992.



이 성 필(Sung Pil Lee)

1983년 경북대학교 전자공학과(공학사)  
1985년 경북대학교 전자공학과(공학석사)  
1989년 경북대학교 전자공학과(공학박사)

1988년 - 현재 경남대학교 전자공학과 교수  
1999년 1월-2000년 1월 미국 오하이오 주립대 객원교수  
관심분야: 센서 재료 및 시스템, 반도체설계, MEMS



김 찬(Chan Kim)

1986년 영남대학교 전자공학과 졸업  
1987년 한국전자(주) 반도체연구실 연구원  
1996년 한국전자(주) 반도체연구실 책임연구원

2000년 (주)모빌일렉트론 상무이사 겸 연구소장  
현재 (주)모빌일렉트론 부사장 겸 연구소장  
관심분야: 반도체설계, 지능형 홈