

HUMIREL 정전용량형 습도센서

2004.7.2

HUMIREL 은 1998 년 MOTOROLA 에서 분리된 회사로 프랑스 Toulouse 에 본사 및 생산공장이 있으며 Phoenix(미국 애리조너), 홍콩(아시아) 및 일본에 지역 본부를 두고 센서 응용제품의 품질 및 기능 향상을 위해 신기술을 활용한 습도, 온도 및 다른 물리적인 매개변수 감지 센서의 연구를 지속적으로 하고 있으며 습도 센서의 판매 및 고객 기술 지원을 위해 전세계에 약 130 여개의 판매 대리점을 운영하고 있다.

HUMIREL 정전용량형 습도센서는 세계최대의 센서제조 설비를 통해 자동으로 조립 및 test 를 거쳐 대량 생산되고 있으며 ISO9001, 미국 자동차 부품 인증 QS9000 및 환경인증 ISO14001 을 획득하였고 . HUMIREL 습도센서 엘리먼트(Element) 및 Pre-calibration 된 습도센서 모듈은 전세계 자동차, 가전 및 산업분야에서 사용되고 있다.

이전에는 정전용량형 습도센서의 가격이 저항형 습도센서에 비해 비싸 신뢰성이 요구되는 정밀분야에만 적용되었으나, 반도체 제조기술의 향상으로 신뢰성과 정밀도가 높은 정전용량형 습도센서의 대량생산으로 여러 응용분야에서 저항형 습도센서를 대체하고 있다.

최근 산업의 급격한 발전과 생활의 다양한 변화에 따라 정확한 습도 측정 및 조절이 요구되었고 그 측정 및 조절의 영역도 실온에서 뿐만 아니라 영하 40℃ 부터 100℃ 온도 범위에서 수십 ppm 에서 100%RH 까지의 넓은 범위에서도 습도측정 및 조절도 필요로 하게 되었다.

HUMIREL 정전용량형 습도센서는 위와 같은 요구조건을 충족시키며 상온에서 사용 시 별도의 온도보상이 필요없으며 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

<HUMIREL 정전용량형 습도센서 특징>

- 1 습도측정범위 : 0 to 100%RH
 - 2.센서 동작온도 : -40 to 100℃
 - 3.온도변화에 따른 습도편차가 약 0.1%RH/℃로 우수하다.
 - 4.센서의 상호교환성 및 출력 반복성 우수
 - 5.응답성이 10 초이내로 우수하며 160 시간동안 수증기가 응결된 상태에서도 제품의 성능에 영향이 없다.
 - 6.선형성 : +/-2%RH
- 저항형 습도센서에 비해 선형성이 우수하며 HS1100/1101 정전용량형 습도센서 엘리먼트의 SPEC.은 180+/-3pF@55%RH,25℃로 별도의 보정없이 그대로 사용할 경우 +/-8%RH 의 습도오

차가 발생하므로 센서응용회로를 구성 후 항온항습 chamber 에서 온도 습도를 일정하게 하여 해당되는 출력이 나오게 보정을 하여야 정확한 습도를 계측할 수 있다.

7. 각종 화학물질 및 소금물에 대한 내구성이 우수함.

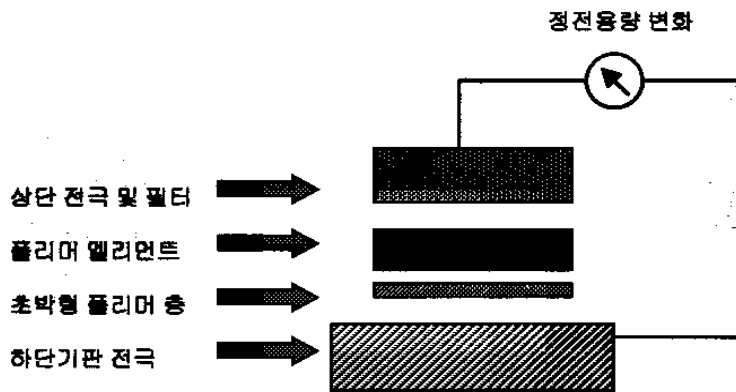
8. 센서 열화계수가 작고 고장률이 낮다. → 0.5%RH/년, MTBF(Mean Time Between Failures) > 25년

9. 주파수 출력형으로 구성이 가능하여 별도의 A/D converter 회로가 필요없이 MCU의 인터럽트 기능을 이용하여 습도를 측정할 수 있다.

10. 자동조립 및 부품조립 후 세척 가능

11. 대량생산

<습도센서 엘리먼트 구조>



<절대습도 및 상대습도>

대기중에 포함된 수증기량을 나타내는 방법에는 여러가지가 있다. 이들 방법에 사용되는 기본 요소는 수증기압으로 이것은 대기중에 포함되어 있는 수증기만에 의한 압력을 말한다.

대기중에 수증기량이 최대로 되면 그 대기는 수증기로 포화된다. 이 때의 수증기압을 포화수증기압이라 한다. 포화 수증기압은 온도가 높아짐에 따라 증가한다.

습도는 절대습도와 상대습도로 표시된다. **절대습도(Absolute Humidity)**는 대기중에 포함되어있는 수증기량으로 통상 대기 1 m³중에 포함되어 있는 수증기의 양을 그램(g)으로 표시한 것이다.(절대습도 단위 : g/m³)

상대습도(Relative Humidity : %RH)는 대기중에 포함되어있는 수증기량과 그 온도에서 포함할 수 있는 최대의 수증기량(포화수증기량)과의 비를 백분율(%)로 표시한 것이다.

* 상대습도(%RH)=실제수증기량/포화수증기량×100 @같은온도

예를 들면, 온도 25°C 일 때, 수증기는 1 m³당 최대 24.9g 까지 대기중에 포함될 수 있으므로 절대습도 24.9g/m³가 포화수증기량이며 실제 단위 체적당의 수증기량이 24.9g/m³ 이라면 이때의 상대습도는 100%이다. (온도 25°C 일 때, 실제 단위 체적당의 수증기량이 12.45g/m³이라면 상대습도는 50%RH 이다.)

수증기압의 변화가 없는 상태에서 공기가 차츰 냉각되면 그 공기는 어느 온도에서 포화되면서 수증기의 응결이 일어나 작은 물방울이 된다. 이 때의 온도를 **이슬점(Dew Point)**이라고 한다.

<습도관련 공식>

1.대기중 수증기 분압 (PPamb)

$$PPamb(\text{mmHg}) = 10^{(8.1332 - (1762.39 / (T_{amb} + 235.66)))}$$
 --- $T_{amb}(\text{°C})$: 주변온도

2.이슬점(Td)

$$Td(\text{°C}) = -(1762.39 / (\log_{10}(\%RH * PPamb / 100) - 8.1332)) - 235.66$$

3.이슬점에서의 수증기 분압(PPtd)

$$PPtd(\text{mmHg}) = 10^{(8.1332 - (1762.39 / (T_d + 235.66)))}$$

4.포화수증기량(ppm) = (PPtd/760)*10⁶

5.포화수증기량(g/m³) = ppm*0.001*18/22.4

6.포화수증기량(g/Kg) = g/m³/1.2

7.불쾌지수(Discomfort Index)

$$[t - 0.55\{1 - (\%RH/100)\}(t - 58)] = [(1.8T + 32) - 0.55\{1 - (\%RH/100)\}(1.8T - 26)]$$
 --- $t(\text{°F}), T(\text{°C})$

<습도센서 응용분야>

가전제품	가습기, 제습기, 에어컨, 냉장고, 식기건조기, 공기청정기, 세탁건조기 전자레인지, 오븐, 온풍기, 선풍기, VTR 결로방지
자동차	에어컨, 공기조절기, 차유리 김서림방지 및 수증기 제거, 엔진제어장치 황화물 배출 저감 제어
사무자동화	복사기, 프린터 잉크 및 토너량 제어, 전산실 습도 조절
계측	습도계, 각종센서 응용 계측기 습도 보정용, 기상관측, 항온항습조
산업	무선통신 중계기, 반도체 및 정밀기계 제조 공기청정기, 건조기
의료	살균장비, 의료기기
농수산물/식품	온상재배, 냉장창고, 식품보관, 버섯재배, 분유제조, 농수산물 건조

<포화염 용액법에 의한 습도센서 Calibration 방법>

습도보정을 하기위해 사용하는 포화염 용액법은 어떤 종류의 염화물을 순수한 물에 포화 상태가 되도록 용해시켜 용기에 밀봉하면 용기안의 습도가 용액을 만든 염화물의 종류 및 온도에 따라 일정해져서 습도 정점이 되는 것을 활용하는 것이다. 비교적 간단하고 신뢰성 있는 방법이다. 포화염 용액의 양과 용기의 용적과의 관계, 액상과 기상의 접촉방법, 염화물의 열화상태 등 여러조건에 따라 보정 정밀도의 오차가 발생할 수 있다. 순도가 높은 염화물 시료는 화공약품 취급점에서 구할 수 있다.

습도보정 방법에는 2 점보정 및 3 점보정 방법이 사용되며 2 점보정은 첫 번째 10-15%RH 저습에서 보정 후 60%RH 이상의 습도에서 두 번째 보정을 하며, 3 점보정은 첫 번째 10-15%RH 저습에서 보정하고 두번째 보정은 50%RH 부근에서 한 후 70%RH 이상에서 세 번째 보정을 한다.

포화염 용액을 만들 때는 탈이온수 나 증류수를 사용하고 약 5%정도의 염화물이 용액 중에 녹지 않는 상태가 되면 용액이 포화된 상태가 되었다고 간주한다. 습도센서의 습도보정 절차는 다음과 같다.

- 1)초기 습도보정을 위하여 포화염 용액이 든 유리용기를 뚜껑을 덮어 온도 chamber 에 넣고 일정온도(25℃)에서 온도 Chamber 와 함께 24 시간이상 안정화시킨다.
- 2)포화염 용액 용기는 직경 15Cm 이상 높이 10Cm 의 유리용기를 사용하며 윗부분의 뚜껑은 PTFE(테프론) 또는 비슷한 재질로 된 기밀이 잘되는 것을 선택한다. 뚜껑부분에 습도센서와 온도 및 습도 측정 계측기용 probe 가 들어갈 수 있는 구멍을 만든다. 유리용기에 3Cm 높이로 포화염 용액을 부은 후 습도센서 엘리먼트를 포화염 용액 표면으로부터 3-4Cm 높이에 위치시킨다.
- 3)습도센서 엘리먼트 및 계측기용 probe 취부부분은 코르크등의 재질로 만들어 기밀시켜야 한다. 유리용기를 일정온도의 온도 chamber 에 넣는다. 포화염 용액 유리용기는 열전달이 차단되는 단열재료로 감싸주어야 한다.
- 4)센서회로에 전원을 연결하고 15 분 정도 지난 후 해당습도에서 원하는 출력신호가 나오게 습도보정을 실시한다. (2 점보정 또는 3 점보정 실시) --- 뚜껑을 열었다 밀봉시킬 경우 15 분 정도 경과 후 안정화 시켜 보정을 실시한다.

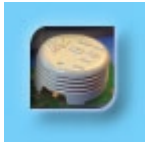
포화염 용액 종류의 온도에 따른 상대습도는 다음과 같다.

온도(°C)	염화리튬 용액(%RH) LiCl,H ₂ O	염화마그네슘 용액(%RH) MgCl ₂ ,6H ₂ O	질산마그네슘 용액(%RH) Mg(NO ₃) ₂ ,6H ₂ O	염화나트륨 용액(%RH) NaCl,6H ₂ O	황산칼륨 용액(%RH) K ₂ SO ₄
5	13	33.6±0.3	58	75.7± 0.3	98.5± 0.9
10	13	33.5±0.2	57	75.7± 0.2	98.2± 0.8
15	12	33.3±0.2	56	75.6± 0.2	97.9± 0.6
20	12	33.1±0.2	55	75.5± 0.1	97.6± 0.5
25	11.3±0.3	32.8±0.3	53	75.3± 0.1	97.3± 0.5
30	11.3±0.2	32.4±0.1	52	75.1± 0.1	97.0± 0.4
35	11.3±0.2	32.1±0.1	50	74.9± 0.1	96.7± 0.4
40	11.2±0.2	31.6±0.1	49	74.7± 0.1	96.4± 0.4
45	11.2±0.2	31.1±0.1	-	74.5± 0.2	96.1± 0.4
50	11.1±0.2	30.5±0.1	46	74.6± 0.9	95.8± 0.5
55	11.0±0.2	29.9±0.2	-	74.5± 0.9	-

참조: HUMIREL Application Note ---- Basics of Relative Humidity Calibration for Humirel HS1100/HS1101 Sensors

<HUMIREL 습도센서 제품>

1. HS1100/HS1101



엘리먼트(Element) 형태로 CMOS 555 timer IC 를 astable mode 로 회로를 구성하여 습도에 따른 습도센서의 정전용량(C 값) 변화를 주파수로 출력되게 하여 사용한다.

HS1100/HS1101 은 55%RH 에서 180+/-3pF 으로 관리되어 생산되며 +/-3pF 의 편차는 약 +/- 8%RH 의 습도편차를 발생시킨다. 여기에 반도체 IC 및 저항의 편차가 더해져서 최종 출력신호는 +/-10%RH 습도편차가 발생하기 때문에 별도의 습도보정이 필요하다.

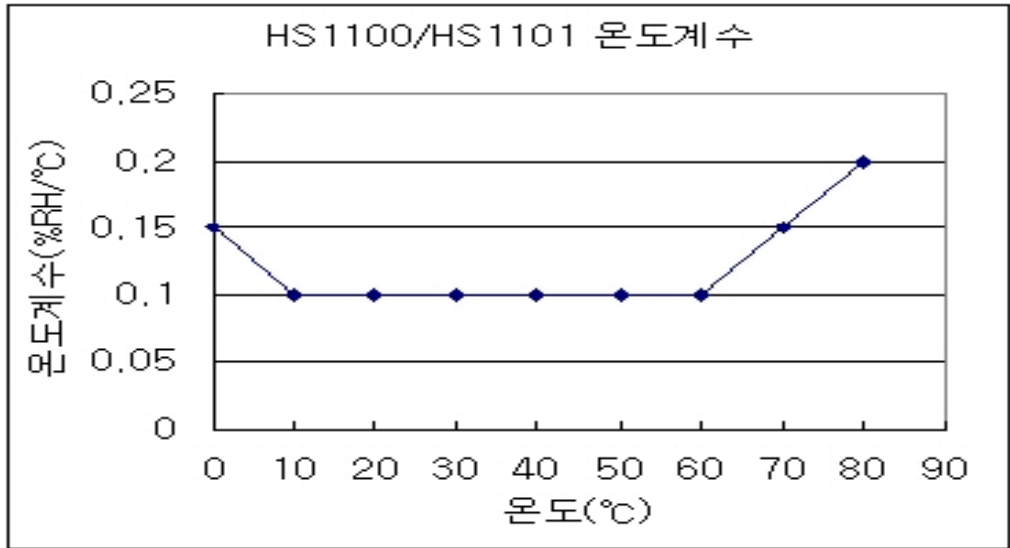
* 동작온도 : -40 to 100 °C, 습도측정범위 : 0-100%RH, 동작전압 : 5-10Vdc

상대습도에 대한 HS1100/HS1101 센서 엘리먼트의 정전용량 공식은 다음과 같다.

$$C(\text{pF})=C@55\%RH*(1.25*10^{(-7)}*\%RH^{(3)}-1.36*10^{(-5)}*\%RH^{(2)}+2.19*10^{(-3)}*\%RH+9.0*10^{(-1)})$$

<습도센서 온도계수>

일반적으로 상온에서 사용하는 경우는 별도의 온도보상이 필요치 않으나 온도 23℃를 기준으로 10℃ 마다 약 1%RH 의 습도오차가 발생하므로 정밀급 장비에 사용되는 경우는 별도의 온도보상이 필요하다.



습도 온도보상 예)

$$55\%RH + (0.1 * (-40 - 23)) = 55\%RH - 1.7\%RH = 53.3\%RH @ 40^{\circ}C$$

$$55\%RH + (0.1 * (-10 - 23)) = 55\%RH + 1.3\%RH = 56.3\%RH @ 10^{\circ}C$$

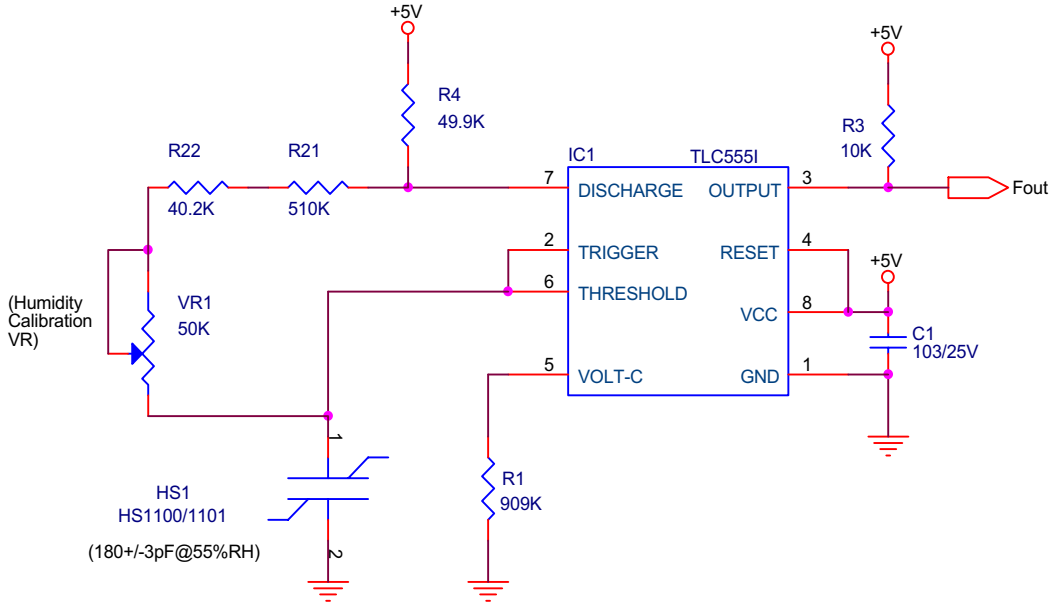
23℃에서 55%RH 와 같은 출력주파수인 경우, 40℃에서는 53.3%RH 가 되고 10℃에서는 56.3%RH 가 된다.

<HS1100/HS1101 사용 시 주의사항>

- 1) 센서 극성 : 엘리먼트 밑면 금속판과 분리된 리드선이 (+) 이고 금속판과 연결된 리드선이 (-)이므로 (-)리드선을 접지(GND)시킨다.
- 2) 반도체 제조업체별로 CMOS 555 timer IC 연결핀의 부유(stray)정전용량의 차이가 있고 이 부유정전용량이 주파수 출력 변화의 영향을 주기 때문에 Texas Instrument 또는 National Semiconductor 의 CMOS 555 timer IC 를 사용하는 것이 좋다. (PCB pattern 설계 시 부유정전용량이 작게 설계한다.)
- 3) 온도와 습도의 변화에 따라 Stray 정전용량이 변화되므로 CMOS timer 5 번핀에 온도계수 보상용 저항을 연결하고(TLC555 인 경우 : 909 kΩ(1%), LMC555 인 경우 : 1238 kΩ(1%) 연결), CMOS 555 timer IC 및 전자부품 전체를 환경 오염이 없는 습도방지 varnish 로 coating 한다.
- 4) 납땜 시는 250℃에서 5 초이내에 하도록 한다.(과열 납땜 시 고장 발생)
- 5) 습도 계측기는 응답성이 빠르고 측정 accuracy 가 높은 정전용량형 습도센서를 사용한 계

측기를 선택한다. (VAISALA 계측설비가 널리 사용되고 있다.)

<HS1100/HS1101 + CMOS 555 timer 회로>



출력 주파수 공식 : $1/(C@%RH*(R4+2*(R21+R22+VR1))*\ln2)$

HS1100/HS1101 주파수 출력 Table(Vsupply : 5Vdc, 25°C 기준)

%RH	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
출력주파수(Hz)	7351	7224	7100	6976	6853	6728	6600	6468	6330	6186	6033

55%RH 에서 출력주파수가 6660Hz 가 나오게 VR1 저항값을 조정하여 습도보정을 한다.

R1 은 CMOS 555 timer IC 의 온도계수 보상용 저항이며 TLC555I timer IC 인 경우 909 kΩ (1%)을 사용한다.(참조: HS1100/HS1101 data sheet)

HUMIREL 에서는 HS1101(+/-3pF) 및 THS1101(+/-5pF)을 sampling 하여 +/-2pF 의 SENSOR TO SENSOR 편차를 갖는 4 가지 종류(177+/-2pF, 179+/-2pF, 181+/-2pF 및 183+/-2pF)의 센서 엘리먼트를 공급하고 있다. 이를 이용 하면 별도의 습도보정용 항온항습 chamber 가 없이 몇종류의 고정저항 의 배열로 +/-6%RH 의 습도보정이 가능하다. HS1101 의 리드선 길이가 길면 정전용량의 차이가 있으므로 리드선은 짧게하여 사용하여야 함

참조: HUMIREL Application Note ---- Calibration of Frequency output module using CMOS 555 timer & HUMIREL humidity sensor : HS1100/HS1101/HTS2010SMD

2. H(T)F3223



Pre-calibration 된 주파수 출력 모듈형 제품으로 습도보정이 필요치 않으며 측정 오차범위는 $\pm 5\%RH@20-85\%RH$ 이고 온도측정용 서미스터가 포함된 HTF3223 및 습도만 측정할 수 있는 HF3223 이 있다.

* 동작온도 : -40 to $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, 습도측정범위 : $10-95\%RH$, 동작전압 : $5\pm 0.25\text{Vdc}$

$F_{out}(\text{Hz}) = 9740 - 18 * (\%RH) @ V_{supply}: 5\text{Vdc}, 25^{\circ}\text{C}$

%RH	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
출력주파수(Hz)		9560	9380	9190	9020	8840	8660	8480	8300	8120	8030

SMD 서미스터 저항 Table(HTF3223) : $B25/100 = 3730\text{K}, 10\text{ k}\Omega @ 25^{\circ}\text{C}$

온도($^{\circ}\text{C}$)	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50
저항(Ω)	499060	262960	144790	82923	49204	30029	18959	12280	8178	5575	3874
온도($^{\circ}\text{C}$)	60	70	80	90	100	110	120				
저항(Ω)	2720	1960	1432	1067	809	618	478				

3. HM1500



Pre-calibration 된 아날로그 전압 출력형 제품으로 습도보정이 필요치 않으며 측정오차범위는 $\pm 2\%RH @ 55\%RH$ 이며 $\pm 3\%RH @ 35-75\%RH$ 이다.

* 동작온도 : -30 to $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, 습도측정범위 : $1-99\%RH$, 동작전압 : $5\pm 0.25\text{Vdc}$

$V_{out}(\text{mV}) = 25.68 * (\%RH) + 1079 @ V_{supply} : 5\text{Vdc}, 23^{\circ}\text{C}$

%RH	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
출력전압(mV)		1325	1600	1860	2110	2360	2605	2860	3125	3405	3555

4. HM1520



Pre-calibration 된 정밀 저습도(0-20%RH) 측정용 아나로그 전압 출력형 제품으로 습도보정이 필요치 않으며 23℃에서의 공기 중 수증기 포함량 및 이슬점을 측정할 수 있고 측정오차범위는 +/-2%RH @0-20%RH 이며 +/-5%RH@55%RH 이다.

* 동작온도 : -30 to 60 ℃, 습도측정범위 : 1-99%RH, 동작전압 : 5+/-0.25Vdc

$$V_{out}(mV) = V_{supply} * (5.12 * (\%RH) + 197) @ V_{supply} : 5Vdc, 23^{\circ}C$$

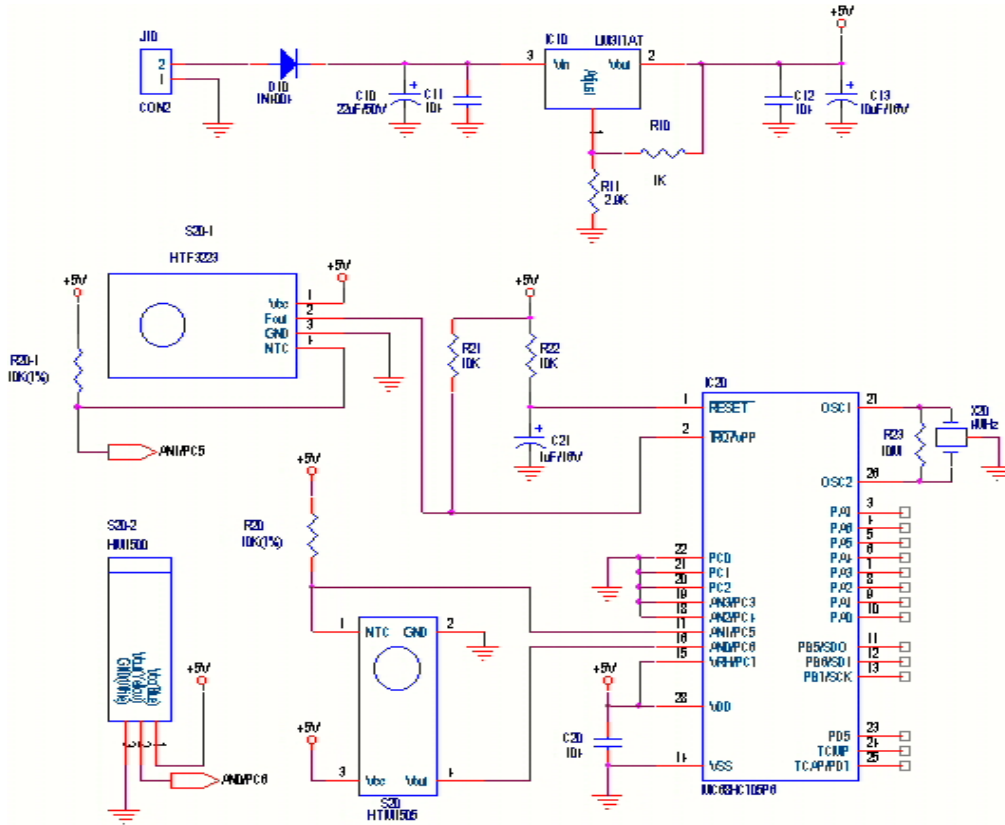
%RH	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
출력전압(mV)		1013	1038	1064	1089	1115	1141	1166	1192	1217	1243
%RH	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
출력전압(mV)	1269	1294	1320	1346	1371	1397	1422	1448	1474	1499	

5.HTM2500B1C1



Pre-calibration 된 온도측정용 서미스터가 내장된 아나로그 전압 출력형 제품으로 습도보정이 필요치 않으며 자동차 CNG 엔진 및 디젤 엔진제어용으로 사용되고 있다. 자동차 에어필터와 Intake manifold 사이에 설치되기 때문에 신뢰성이 요구되며 산소센서와 함께 사용하여 흡입공기량과 습도에 따라 엔진전자제어장치가 디젤연료 분사량을 보정 제어함으로써 동력성능 및 연비를 향상 시킨다.. 또한 기존의 디젤연료를 황의 함량이 극히 적은 초저황(Ultra-low-sulfur) 청정 디젤연료로 대체하여 사용함으로써 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물 및 매연입자 등의 각종 배기오염물 발생량을 보다 더 저감시키게 된다. (미국 EPA02 디젤엔진 자동차 배기가스 저감 규제에 대응하기 위하여 사용한다.)

<HTF3223, HM1500, HTM1505 + 마이크로컴퓨터 응용회로>



쑤다연전자

<http://www.dayeon.net>