

Medidor de CO₂ para veículo

Maior segurança ao volante

Chris Vossen e Thijs Beckers (Elektor)

O CO₂ por si só não é um gás muito perigoso, mas em concentrações excessivas no ar leva a uma descida relativamente rápida dos níveis de atenção e de concentração. Logo, sob certas circunstâncias, podem advir situações perigosas, por exemplo, sempre que conduzir um veículo fechado. Para prevenir este risco apresentamos um medidor de CO₂ de resposta rápida, especialmente desenvolvido para utilização no interior de um automóvel.

Especificações

- Alimentação a partir de 12 V (tomada do acendedor de cigarro).
- Pronto para uso imediato.
- Indicação de níveis de concentração de CO₂ perigosos através de LEDs de aviso.
- Adequado para concentrações de CO₂ até 3000 ppm.

Uma vez que o medidor de CO₂ publicado na revista de Maio de 2008 continua funcionando perfeitamente, qual a razão que nos leva a apostar num novo projeto? A resposta é simultaneamente simples e óbvia. No artigo anterior, mencionamos que uma concentração de CO₂ elevada no ar afeta negativamente a capacidade de concentração. E em que atividade rotineira a concentração é um critério de segurança chave? Precisamente na condução! Assim, pretende-se um novo medidor de CO₂ adequado para utilização no interior de um automóvel.

O antigo medidor de CO₂ cumpria perfei-



tamente os requisitos de tamanho, mas a fase de calibração muito longa (duas horas) juntamente com o demorado período de aquecimento não são práticos para utilização em um automóvel, onde se pretende simplesmente ligar a ignição e arrancar.

Princípio de medida

Uma vez que o sensor previamente utilizado tinha precisamente como característica um tempo de aquecimento bastante longo, não restava outra opção senão procurar outro tipo de sensor, mais rápido. E a busca revelou-se gratificante, sendo escolhido o ZG01C, da ZyAura [1], um fabricante de Taiwan (**Figura 1**).

Este sensor utiliza o princípio NDIR (Non-Dispersive InfraRed absorption), isto é, absorção não dispersiva de raios infravermelhos. Utilizando a característica de absorção da luz infravermelha com um comprimento de onda muito específico (4,27 µm) do CO₂, este sensor é capaz de medir a concentração de CO₂ em um gás. Considerando um túnel de dimensões conhecidas, preenchido com o gás a ser medido, e utilizando uma fonte luminosa e sensor adequados, a concentração de CO₂ na amostra de gás pode ser determinada de forma bastante precisa. Uma vez que a concentração de CO₂ (ou

deveria ser) bastante baixa no ambiente de teste (o carro), é necessário um caminho óptico relativamente longo para obter uma medida suficientemente precisa. Como consequência, os sensores adequados são normalmente grandes e, devido à utilização de ópticas de grande qualidade, são também bastante caros. Contudo, a ZyAura conseguiu fabricar um sensor de CO₂ NDIR relativamente compacto e acessível em termos de preço, perfeitamente adequado para esta aplicação.

Sensor inteligente

Este sensor é adequado para concentrações de CO₂ entre as 0 e 3000 ppm (consulte as especificações), o que é suficiente para esta aplicação. A concentração de CO₂ típica ao ar livre é cerca de 400 ppm. Valores superiores a 3000 ppm são, especialmente no interior de um carro, altamente indesejáveis e podem originar situações perigosas (ver seção Concentração de CO₂ por volume e efeitos secundários).

A eletrônica integrada na placa de circuito impresso do módulo sensor faz praticamente todo o processamento necessário. O chip, coberto por resina (presumivelmente um ASIC), faz todo o trabalho de medição e interface, disponibilizando os

Especificações do ZG01C

- Faixa de medida: 0-3000 ppm/0,3%.
- Faixa de temperatura: 0-50 °C.
- Faixa de umidade: 0-95%.
- Tempo de aquecimento CO₂: < 60 s.
- Intervalo de medida: 7 s.
- Precisão: ± 50 ppm ou 5% do valor medido.

Os dados são transmitidos pelo módulo no barramento SPI, ligado em K2, diretamente ao microcontrolador, que subsequentemente os apresenta no mostrador (através de K1), e conforme o valor medido acende um dos LEDs D1, D2 ou D3. O microcontrolador pode ser programado no próprio circuito (in-circuit) através de K3. Contudo, durante este processo é necessário desligar o módulo sensor, uma vez que ambos compartilham o mesmo barramento SPI.

De fato, a eletrônica do nosso circuito resta apenas apresentar os valores lidos do barramento SPI num mostrador. Para isso é utilizado um microcontrolador, ATmega88 da Atmel. A sua função é indicar as medições da concentração de CO₂ e temperatura num mostrador.

Esquema e desenho da placa

Agora que já temos uma boa ideia do hardware necessário, é hora de analisar o esquema do circuito (Figura 2). Uma vez que grande parte do trabalho é feita à partida pelo módulo sensor, o esquema torna-se muito simples.

Os dados são transmitidos pelo módulo no barramento SPI, ligado em K2, diretamente ao microcontrolador, que subsequentemente os apresenta no mostrador (através de K1), e conforme o valor medido acende um dos LEDs D1, D2 ou D3. O microcontrolador pode ser programado no próprio circuito (in-circuit) através de K3. Contudo, durante este processo é necessário desligar o módulo sensor, uma vez que ambos compartilham o mesmo barramento SPI.

Para o mostrador foi escolhido um módulo LCD de duas linhas de 8 caracteres, com um controlador compatível com HD44780, sendo que pode utilizar qualquer biblioteca de funções standard para o controle do LCD. O contraste do mostrador pode ser ajustado através de P1.

A bateria do carro fornece a tensão de alimentação necessária para a operação do circuito. A eletrônica do sensor requer uma tensão de alimentação de 6 V, que é regulada por um 7806 alimentado diretamente a partir da tensão da bateria. O microcontrolador requer uma tensão regulada de 5 Volts, gerada a partir da tensão anterior através de um regulador de baixa queda de tensão LP2950-50. A alimentação para os

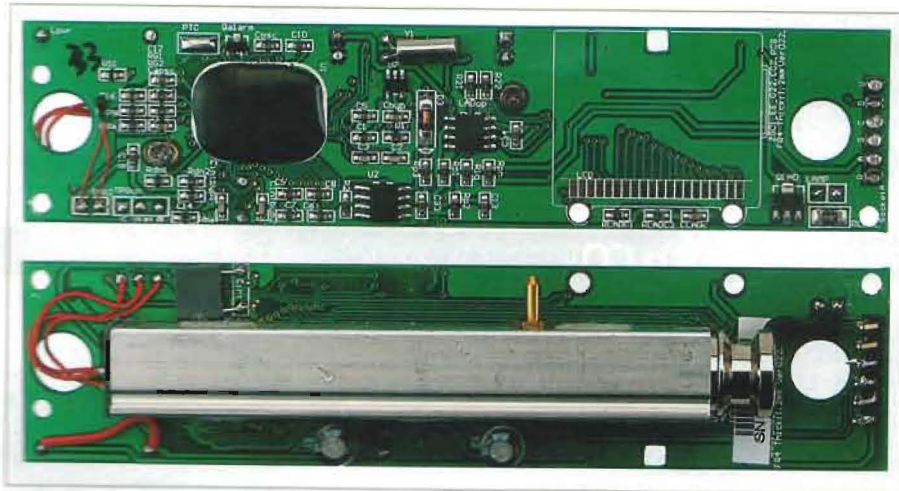


Figura 1. A placa de circuito impresso do sensor já tem toda a eletrônica necessária para interpretar as medições efetuadas.

LEDs é também obtida a partir desta tensão de 5 V. O diodo D4 foi adicionado para proteger o circuito contra inversão da tensão de alimentação.

O desenho da placa de circuito impresso teve atenção na montagem da placa do sensor e dos LEDs. Ambos podem ser montados na placa com recurso a espaçadores (Figura 3).

Software

Dado o elevado nível de integração do sensor, o software para o microcontrolador é bastante simples. Para o controle do mostrador foi utilizada uma biblioteca de funções obtida na Internet. Após a configuração inicial do hardware e configuração do controlador como dispositivo SPI slave, o mostrador é limpo e o programa principal

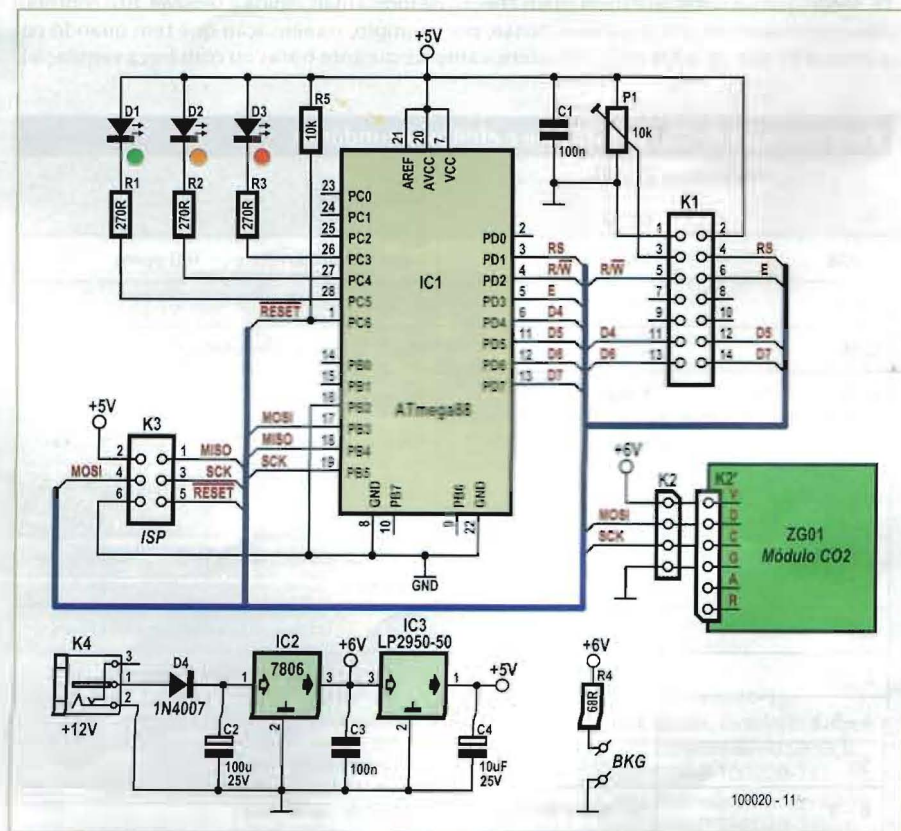


Figura 2. O esquema do circuito eletrônico é bastante modesto, graças à eletrônica integrada na placa do sensor.

Fatos sobre o CO₂

O CO₂ ou dióxido de carbono é um gás incolor e sem cheiro que é mais pesado do que o ar. A concentração média no exterior é cerca de 380 ppm (= 0,0380% por volume). Nas cidades este valor é mais alto, tipicamente por volta das 700 ppm. Em espaços fechados e quando estão muitas pessoas juntas estes valores sobem sem dificuldade. Por exemplo, o ar que expiramos contém 4 a 5% de CO₂ por unidade de volume, ou expresso de outra forma, cerca de 30 cc. Com um ritmo de respiração de 16 por segundo isto totaliza cerca de 30 litros em uma hora. Num espaço de 2 m³ completamente fechado (o espaço no interior de um pequeno carro utilitário) a concentração de CO₂ sobe em 15 minutos de 0,05% (500 ppm) para 0,425% (4250 ppm). Com quatro pessoas este mesmo valor é alcançado em poucos minutos! Pode consultar na tabela que se segue um rápido resumo dos efeitos de diferentes concentrações de CO₂.

A toxicidade do CO₂ não é devida ao gás propriamente dito. Quando a concentração sobe (acima de 2%) o dióxido de carbono dissolve-se facilmente no sangue, o que faz subir o nível de acidez. Pense nos refrigerantes com gás – na realidade, dióxido de carbono – que lhe dão um gosto refrescante. O resultado é que o sangue (mais concretamente a hemoglobina vermelha) apenas pode absorver uma quantidade limitada de oxigénio, o que resulta em falta de ar. O mesmo efeito observa-se durante um esforço muscular intenso e é conhecido como acidificação muscular.

Efetivamente, a concentração de CO₂ nem precisa ter valores tão elevados para começar a ter efeitos negativos. Com valores acima de 800 ppm (0,08%) a percepção olfativa aumenta, sendo que vai notar quaisquer maus cheiros de forma mais rápida e sensível. Isto contribui para a sensação de ar irrespirável. Pense, por exemplo, na sensação que tem quando entra em uma sala de aulas utilizada intensivamente durante horas ou com fraca ventilação.

Concentração de CO₂ por volume e efeitos secundários

%	Volume de CO ₂		Descrição
		ppm	
0,038		380	Valor médio terrestre (= 380 ppm)
0,07		700	Ar urbano exterior
0,08		800	Maior sensibilidade olfativa
0,14		1.400	Ar urbano interior
0,4		4.000	Valor máximo permitido em salas de aula
0,5		5.000	Limite de exposição longa em ambiente de trabalho
2		20.000	Limite de exposição curto em ambiente de trabalho
2,5		25.000	Efeitos de intoxicação em mergulhadores
3		30.000	Aumento das dificuldades respiratórias
4 – 5,2		40.000 – 52.000	Ar expirado
5		50.000	Tonturas e desmaio
6 – 8		60.000 – 80.000	Sinais de paralisção
8 – 10		80.000 – 100.000	Nível letal

entra num ciclo de espera até receber a primeira sequência de valores. Sempre que a soma de verificação (checksum) da sequência é confirmada, os valores de temperatura e concentração de CO₂ são apresentados no mostrador. É também no ciclo principal que é avaliado qual dos LEDs deve ser ativado. Se a soma de controle da sequência for incorreta, a sequência é integralmente ignorada.

A eletrônica do sensor envia, de forma automática, uma sequência de dados a cada seis segundos através do barramento SPI para o controlador, de modo que a cada seis segundos o valor apresentado no mostrador seja atualizado. Esta é uma taxa de atualização mais do que suficiente para esta aplicação.

Construção e utilização

A montagem da placa de circuito impresso não deve levantar maiores problemas. Como habitual, comece por soldar os componentes menores (e mais baixos), nomeadamente resistências, diodos, etc., e termine com os maiores e mais altos. Pode ver a colocação dos componentes na **Figura 4**. Utilizando fio solde um conector de 4 pólos à placa do sensor, para posterior conexão em K2. O esquema da **Figura 2** mostra como devem ser feitas as conexões deste conector.

Pode, como habitual, obter o desenho da placa de circuito impresso no site da Elektor. Pode também, em alternativa, encomendar o kit para o projeto, que inclui todas os componentes necessários. A placa pode (após montagem) ser montada na caixa que oferecemos juntamente com o kit disponível no Serviço Elektor, mas pode obviamente escolher outra caixa conforme a sua preferência. Note que a caixa não é fornecida com furações ou aberturas prévias, sendo que ao montar a placa deve ter o cuidado de fazer algumas aberturas na caixa de modo a permitir a passagem do ar ambiente. O circuito vai começar a funcionar assim que ligar a alimentação, e a temperatura medida aparecerá imediatamente no mostrador. Já o valor de CO₂ requer de 10 a 20 segundos de paciência, uma vez que o sensor precisa de um breve período de aquecimento.

Como provavelmente se tornou óbvio, entretanto, o mostrador apresenta a concentração de CO₂ obtida em ppm (e a temperatura em °C). Para permitir uma leitura mais rápida no interior do carro, foram adicionados três LEDs. O LED verde (D1) está ligado quando a concentração de CO₂ é inferior a 1000 ppm, um valor considerado normal. O LED laranja (D2) acende quando a concentração de CO₂ está entre 1000 e 1400 ppm (valor elevado), e o LED vermelho (D3) acende sempre que o valor medido estiver acima de 1400 ppm, altura em que deve ser imediatamente tomada alguma ação. Este valor é especialmente fácil de alcançar (e inclusive ultrapassar) se estiverem várias pessoas no interior do carro. Especialmente em viagens mais longas, em férias ou em negócios, a atenção e a concentração podem ser afetadas negativamente como consequência dos valores crescentes de CO₂. Embora este circuito não faça nada de concreto para

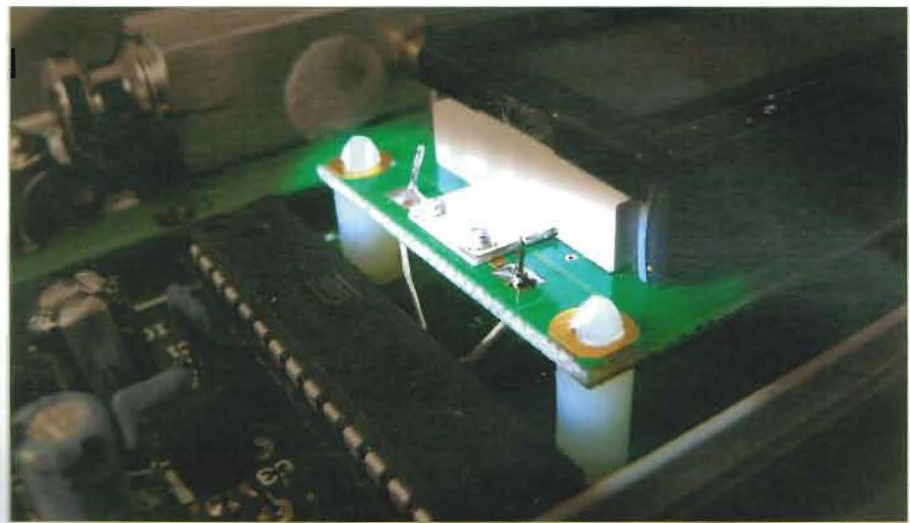


Figura 3. São utilizados espaçadores para montar o sensor e mostrador na placa de circuito impresso. Para conexão da iluminação de fundo do mostrador (A e K) pode utilizar terminais cortados das resistências.

o manter acordado, permite-lhe monitorar se o ambiente no interior do carro está se tornando perigoso e avisa-o que talvez seja hora de abrir uma janela ou aumentar a ventilação.

(100020)

Artigo original: In-vehicle CO₂ Meter - May 2010

Internet

- [1] www.zyaura.com
- [2] http://nl.wikipedia.org/wiki/Nondispersive_infrared_sensor
- [3] www.elektorbrasil.com.br/100020
- [4] www.elektorbrasil.com.br/090981

Lista de componentes

Resistências:

R1 2 3= 270 Ω
R4= 68 Ω
R5= 10 kΩ
P1= 10 kΩ

Capacitores:

C1 3= 100 nF
C2= 100 µF/25 V
C3= 10 µF/25 V

Semicondutores:

D1= LED verde de 5 mm
D2= LED âmbar de 5 mm
D3= LED vermelho de 5 mm
D4= 1N4007

IC1= ATmega88-20PU, programado
IC2= 7806
IC3= LP2950-50

Diversos:

K1= Barra de terminais de 14 vias (comprimento dos pinos 14 mm)
K2= Barra de terminais de 4 vias
K3= Barra de terminais de 6 vias (2x3)
K4= Interface para ligar conversor CC, montagem PCI

Conector de 4 vias para K2.

Mostrador LCD
PC0802LRS-AWA-B-Q.
Módulo IV ZG01.

Fio de ligação.
PCI (Ref^o 100020-1).
Kit de peças, incluindo o sensor e LCD, disponível no Serviço Elektor (Ref^o 100020-71).
Caixa disponível no Serviço Elektor (Ref^o 100020-72).

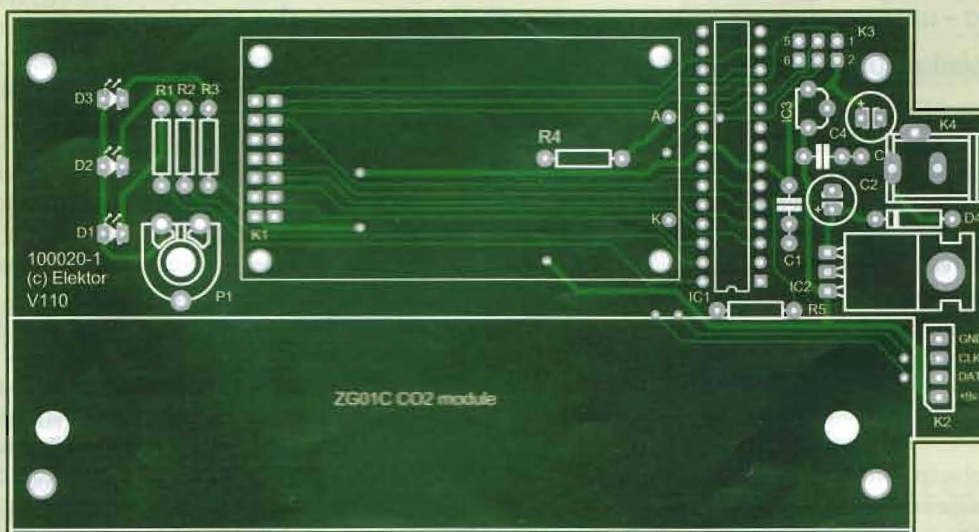


Figura 4. Na face dos componentes pode claramente reconhecer o espaço reservado para o sensor e para o mostrador LCD. Não se esqueça do ajuste do contraste do LCD através de P1.