

# Merjenje s senzorji Omron

Andrej ROTOVNIK, Miha STRAŠEK, Ambrož PODKORITNIK

## ■ 1 Uvod

Omron je eden izmed vodilnih proizvajalcev, ki svojo široko paleto merilnih senzorjev pogosto posodablja in sledi vedno večjim zahtevam industrije. Njihovi izdelki pokrivajo področja merilnih senzorjev razdalje in odmika (dotične in brezdotične izvedbe), senzorjev za merjenje pozicije, premera in širine ter področje senzorjev za merjenje profila. V prispevku bodo prikazane značilnosti posameznih družin senzorjev, primer merjenja višine Hallove prirobnice s profilnim laserskim merilnikom Omron ZG2 kakor tudi izvedba ter zgradba avtomatiziranega merilnega sistema.

## ■ 2 Merilni senzorji razdalje in odmika

Za merjenje razdalj ima OMRON v svojem naboru več skupin senzorjev, namenjenih za specifična področja:

ZW - senzorji, namenjeni merjenju razdalje, odmika in debeline transparentnih površin,

ZX1 – zmogljivi laserski senzorji s krmiljem v sami senzorski glavi,

ZX2 – senzorji z ločenim krmilnim ojačevalnikom, kompaktni in zelo zmogljivi,

ZX-LD – senzorji, ki omogočajo vzporedno delovanje senzorjev in izvajanje računskih operacij med njimi,

ZS-HL – serija naprednih merilnih senzorjev, ki omogočajo povezavo do devetih senzorjev v merilni sistem,

ZX-E – senzorji za veliko natančnost merjenja kovinskih merencev,

ZX-T – dotični merilni senzorji z ločenim krmilnim ojačevalnikom.

Najnovejša Omronova pridobitev na področju merjenja razdalje je napredni senzor ZW (slika 1a), ki deluje na principu konfokalne metode. Senzor je namenjen merjenju razdalj, odmika in debeline transparentnih površin. Za prenos svetlobe so uporabljena optična vlakna, senzorska glava pa ima le optične elemente brez elektronike, ki bi jo lahko segrevala in s tem negativno vplivala na stabilnost merjenja. Merilne senzorske glave serije ZW so zelo

čevalnika ali s pomočjo pripadajoče programske opreme, kar zagotavlja še enostavnejšo uporabo.

ZX1 so zmogljivi in cenovno ugodni laserski merilni senzorji (slika 1b). Senzor je kompakten s krmiljem v sami glavi. Za merjenje uporablja slikovni senzor CMOS s prilagoditvijo moči laserske svetlobe, kar se dobro obnese pri zahtevnih površinah in veliki dinamiki merjenja. Imajo povečan obseg delovnega območja, na voljo so od  $50 \pm 10$  mm do  $600 \pm 400$  mm, natančnost do  $2 \mu\text{m}$ . Meritev se izpisuje na prikazovalniku, ki je integriran v ohišje senzora, rezultat pa je možno podajati preko digitalnih signalov (z nastavitvijo tolerančnih mej) in preko tokovnega analognega izhoda (4–20 mA).

Za razliko od senzorjev skupine ZX1 imajo senzorji ZX2 ločen krmilni ojačevalnik in manjše dimenzije merilnih glav (slika 1c). Uporabljen je slikovni senzor CMOS, preko krmilnega ojačevalnika pa je zelo enostavno izbrati ustrezen profil delovanja (enaki merjenci, različni merjenci in merjenci, pri katerih prihaja do spremenljive



Slika 1. Merilni senzorji: a – družina ZW, b – družina ZX1, c – družina ZX2

Mag. Andrej Rotovnik, univ. dipl. inž., Miha Strašek, univ. dipl. inž., Ambrož Podkoritnik, univ. dipl. inž.; vsi MIEL, d. o. o., Velenje

kompaktnih dimenzij in dosegajo natančnost do  $0,01 \mu\text{m}$ . Na voljo so za delovna območja od  $7 \pm 0,3$  mm do  $40 \pm 6$  mm. Parametriranje merilnega senzora ZW je možno preko pripadajočega krmilnega oja-

čevalnika ali s pomočjo pripadajoče programske opreme, kar zagotavlja še enostavnejšo uporabo. Rezultat je možno podajati preko digitalnih signalov (z nastavitvijo tolerančnih mej) in preko tokovnega analognega ali nape-  
tostnega izhoda. Med posameznimi senzorji je možno izvajati računske



**Slika 2.** Merilni senzori: a – družina ZX2, b – družina ZS-HL, c – družina ZX-E

operacije z uporabo namenske računske enote, ki senzore vzporedno poveže, končni rezultat pa se prikazuje na izbranem krmilnem ojačevalniku. Na voljo sta senzorski glavi z delovnima območjema  $50 \pm 10$  mm in  $100 \pm 35$  mm z natančnostjo do  $1,5 \mu\text{m}$ . V obeh primerih je na voljo izvedba z linijskim laserskim žarkom (dolžine 2,6 mm), ki povpreči območje merjenja in je zelo primerna za hrupave površine.



**Slika 3.** Dotični merilni senzor serije ZX-T

Senzorji skupine ZX-LD imajo ločen krmilni ojačevalnik (slika 2a). Tako kot serija ZX2 tudi serija ZX-LD omogoča vzporedno delovanje senzorjev in izvajanje računskih operacij med njimi. Tudi tu so na voljo izvedbe z linijskim laserskim žarkom, ki povpreči območje merjenja, in so tako primerne za merjenje s hrupavo površino. Na voljo so delovna območja od  $30 \pm 2$  mm do  $300 \pm 200$  mm z natančnostjo do  $0,25 \mu\text{m}$ . Za serijo ZX-LD je na voljo komunikacijski serijski vmesnik, ki omogoča pošiljanje in nameščanje merilnih rezultatov po komunikaciji RS-232.

ZS-HL je družina zelo naprednih merilnih senzorjev (slika 2b). Možna je povezava do devetih senzorjev v merilni sistem. Na voljo se različne merilne senzorske glave za delovna

območja od  $20 \pm 1$  mm do  $1500 \pm 500$  mm in z natančnostjo do  $0,25 \mu\text{m}$ . Senzor omogoča merjenje razdalj na različnih za merjenje zahtevnih površinah, kot so črna guma, steklo in ostali transparentni materiali.

Senzorji ZX-E omogočajo veliko natančnost merjenja kovinskih merjenec (slika 2c). Na voljo so induktivne senzorske merilne glave premerov od 3 mm do 18 mm, z delovnimi razdaljami od 0,5 mm do 7 mm dosežajo natančnost do  $1 \mu\text{m}$ . Senzor ima ločen krmilni ojačevalnik. Namenska računska enota omogoča računske operacije med posameznimi senzori. Na voljo je komunikacijski serijski vmesnik, ki omogoča pošiljanje in nameščanje merilnih rezultatov po komunikaciji RS-232.

Družino senzorjev ZX-T sestavljajo dotični merilni senzori z ločenim krmilnim ojačevalnikom (slika 3). Ponudba dotičnih merilnih sond

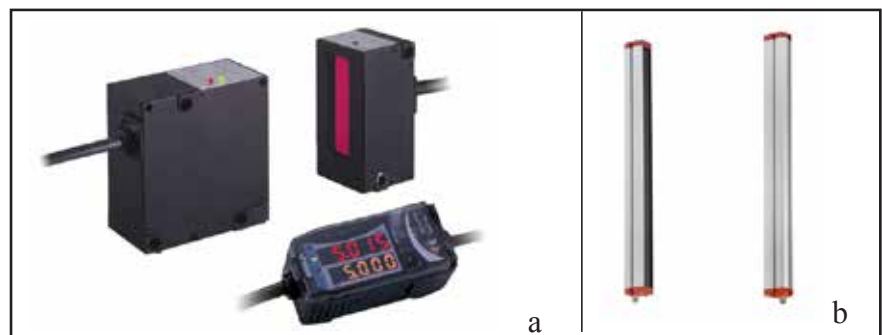
življenjsko dobo. Na voljo je komunikacijski serijski vmesnik, ki omogoča pošiljanje in logiranje merilnih rezultatov po komunikaciji RS-232. Preko omenjenega vmesnika je možno tudi parametrisiranje merilnega sensorja s pripadajočim programskim orodjem.

### ■ 3 Senzorji za merjenje širine

Omron ima v proizvodnem programu dve skupini senzorjev, ki so namenjeni za merjenje širine oziroma debeline. To so senzori družine ZX-GT in zavese F3EM2.

Merilni senzor ZX-GT ima več vgrajenih funkcij, lahko deluje kot zavesa, zaznava robove, določa pozicijo itd. vseh vrst materialov (tudi transparentnih) (slika 4a). Širina zavesnega snopa je 28 mm in zagotavlja natančnost do  $5 \mu\text{m}$ . Za merjenje večjih premerov oz. območij se lahko uporabi več senzorjev, ki se povežejo preko namenske krmilno-računske enote.

Za večja območja merjenja so na voljo merilne zavese F3EM2 s 5 mm ali 18 mm resolucijo žarkov (slika



**Slika 4.** Zavesni merilni senzori: a – skupina ZX-GT, b – skupina F3EM2

obsega delovno območje od 1 mm do 10 mm z natančnostjo  $0,1 \mu\text{m}$  oz.  $0,4 \mu\text{m}$ . Sonde zagotavljajo visoko zaščito pred okoljem (IP67), vgrajeni linearni ležaj pa je zagotavlja dolgo

4b). So v robustnem aluminijastem ohišju z merilnim območjem od 150 mm do 2100 mm. Merilno vrednost podajajo preko komunikacije RS-232 ali analognega izhoda (4–20 mA).

## 4 Profilni laserski merilniki

Profilni senzor ZG2 zagotavlja natančno merjenje profila do širine 70 mm (slika 5). Za večje širine profila je mogoče uporabiti dva senzorja ZG2, ki se vzporedno povežeta in tako povečata merilno območje profila. Z dinamičnim prilagajanjem moči laserskega žarka senzor zagotavlja zelo dobro delovanje na različnih površinah. Krmilni ojačevalnik ima vgrajenih 18 merilnih orodij (merjenje stopnice, merjenje kota med površinama, ...). Na njem je možno spremljati izris profila in vrednosti merilnih rezultatov. Izhodni digitalni signali podajajo rezultat preseženih tolerančnih mej, vrednosti merilnih točk pa je možno pošiljati tudi preko komunikacije RS-232. Parametriranje je izvedeno preko krmilnega ojačevalnika, še preglednejša in enostavnejša metoda pa je s pomočjo osebnega računalnika in priloženega programskega orodja.

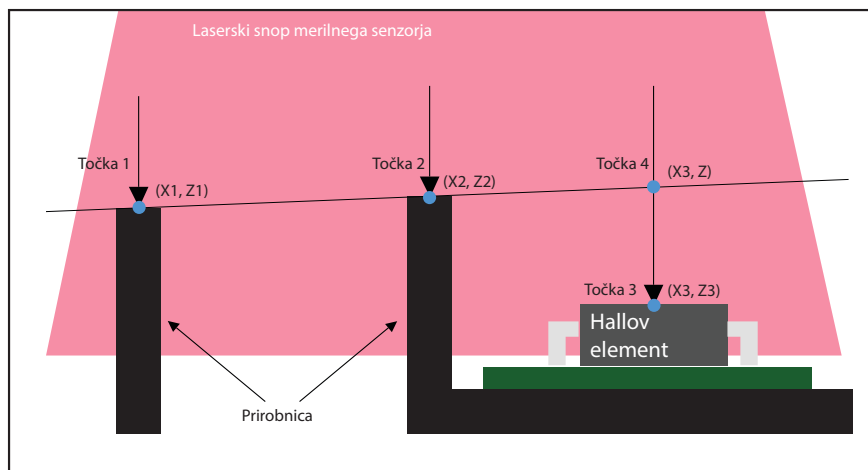


Slika 5. Laserski profilni senzor serije ZG2

## 5 Merjenje višine Hallove prirobnice s profilnim laserskim merilnikom Omron ZG2

### 5.1 opredelitev zahtev

Miel je za naročnika izdelal avtomatiziran sistem za merjenje prirobnice Hallovega elementa. Pred tem so prirobnice merili ročno s pomočjo merilne urice. Proces je potekal tako, da je operater vsak posamezni kos pobral s tekočega traku in ga postavil na merilno mesto. Z merilno urico je imeril tri merilne točke (slika 6).



Slika 6. Metoda merjenja višine Hallove prirobnice

Oddaljenost Hallovega elementa od prirobnice je definirana kot premica, položena na prirobnico, ki pravokotno seka navpičnico Hallovega elementa. Vsaka meritev se je nato vnesla v računalnik, kjer se je izvedel algoritem izračuna višine prirobnice Hallovega elementa. Proces meritve je zmanjševal kapaciteto proizvodnje, zaradi človeškega faktorja pa ni bil vedno ponovljiv.

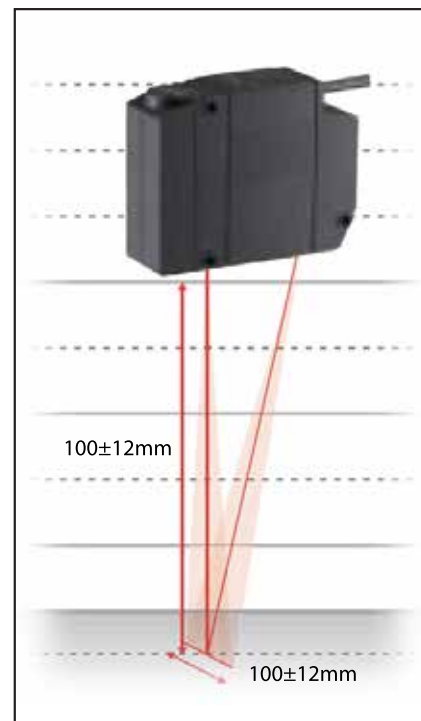
Cilja zasnove in izdelave merilnega sistema sta bila skrajšanje cikla meritve in izločitev vpliva človeka na meritve.

### 5.2. Uporabljeni merilni senzorji

Za merjenje je bil uporabljen laserski 2D-profilni senzor serije ZG2 (slika 7). Sestavljen je iz merilne laserske glave in ločenega krmilnega ojačevalnika, ki služi za prikaz in parametriranje. Senzorska glava za merjenje uporablja metodo laserske triangulacije. Pošilja linijski snop laserske svetlobe, ki se pod kotom odbija nazaj na polje CCD, ki ima resolucijo 631 x 400 točk. To zagotavlja natančnost 35  $\mu$ m po širini, kar je za ta primer uporabe najpomembnejše, in 2,5  $\mu$ m po višini. Merjenje prirobnice Hallovega elementa je relativno neugodno, saj je okrov iz črne plastike in s hrapavo površino, ki ima slabšo odbojnost. Element sam pa je na tiskanini, kjer so področja z večjo odbojnostjo. Merilni laserski senzor ima možnost spreminjanja moči laserske svetlobe po celotnem profilu v posameznih

korakih in vzorčenja posameznega koraka. Krmilni ojačevalnik tako lažje sestavi in izmeri profil z neenakomerno površino in zaradi tega ne nastajajo večje težave pri meritvi.

Zahtevano merilno območje je približno 20 mm (širina), za višino Hallove prirobnice pa je zahteva približno 2 mm. Izbrana je bila merilna laserska glava ZG2-WDS22, ki ima delovno območje širine 22 mm in delovno razdaljo  $100 \pm 12$  mm (slika 7).



Slika 7. Merilno območje senzorske glave ZG2-WDS22

Čas trajanja meritve profilnega senzorja za vse tri točke je približno 100 ms. Ker je takt linije 24 s, je ta čas izkoriščen za izvajanje 128 meritev,

ki jih merilni senzor nato povpreči. Tako je ciklični čas meritve približno 12 s. S tem je dosežena zelo dobra ponovljivost, preostalih 12 s pa je namenjenih za manipulacijo merjenca.

### 5.3 Izvedba avtomatizirane meritve

Merilni senzor ima na merilnem območju definirane tri merilne točke, kot je prikazano na sliki 6. Koordinate  $X$  ( $X_1$ ,  $X_2$  in  $X_3$ ) pri posamezni točki so fiksno določene z dimenzijami merjenca, koordinate  $Z$  ( $Z_1$ ,  $Z_2$  in  $Z_3$ ) pa izmeri senzor. Za meritev posamezne točke je uporabljena metoda povprečenja širšega merilnega območja, ki jo omogoča senzor. Pri točki 1 in točki 2 obsega srednjo tretjino širine prirobnice, pri točki 3 pa srednjo tretjino širine Hallovega elementa. Za izračun presečišča premice, položene na prirobnico, z navpičnico na Hallove element smo izhajali iz sledeče linearne enačbe:

$$y = kx + n$$

Za izračun koordinate  $Z$  pri točki 4 (slika 6), ki je določena kot presečišče premice (skozi točki 1 in 2) in navpičnice na Hallov element, se uporabi naslednja enačba, iz katere se izračuna smerni koeficient, ki določa naklon premice in služi kot koordinatno izhodišče:

$$k = \frac{(Z_2 - Z_1)}{(X_2 - X_1)}$$

Iz znane točke se izračuna faktor  $n$ , ki določa presečišče z ordinatno osjo:

$$n = Y_1 - k \cdot X_1$$

Sledi končna enačba za izračun višine Hallove prirobnice:

$$Z = kX_3 + n$$

Merilni senzor pošilja podatke o posameznih točkah na krmilnik, kjer se podatki obdelajo.

### 5.4 Komunikacija med senzorjem in PLK-jem

Merilni laserski senzor ZG2-WDS22 ima možnost treh različnih vrst komunikacije, in sicer preko digitalnih signalov, s pomočjo analognega izhoda ali komunikacije RS-232. Z uporabo komunikacije RS-232 se je mogoče izogniti pogreškom, ki bi lahko nastali zaradi A/D-pretvorbe. Senzor je moč povezati z najrazličnejšimi napravami, tako industrijskimi (PLK, IPC, mikrokontrolerji, ...) kot neindustrijskimi (PC). V danem primeru senzor komunicira z modularnim krmilnikom Omron serije CJ2M-CPU31 (slika 8a).



bankah. Vsak merilni profil omogoča zajem do 8 merilnih točk. S pošiljanjem ukaza BANKSET, ki mu sledi številka banke, se zamenjata profil in definiranje merilne točke v profilu. Pri preklopu na banko 1 je treba poslati ukaz BANKSET 1.

- Ukaz za izvedbo meritve (TRIG). S pošiljanjem ukaza za proženje se senzoru sporoči, naj prične z izvedbo meritve po prej definiranem profilu.
- Ukaz za pridobivanje podatkov (MEASURE). Po uspešno izvedeni meritvi se lahko rezultati meritve pridobivajo posamično s pomočjo ukaza MEASURE, ki mu sledi številka merjene točke (npr.



Slika 8. Krmilnik CJ2M-CPU31 (a) in komunikacijska kartica CJ1W-SCU21 (b)

Serijska komunikacija poteka preko razširitvene kartice CJ1W-SCU21, ki vsebuje dvoje vrat RS-232 (slika 8b). Senzor za komuniciranje uporablja zaporedni niz ASCII-znakov, ki se vedno zaključijo s CR (Carriage Return). Takšen protokol je programsko relativno enostavno implementirati v naprave, ki podpirajo standard RS-232.

Za uspešno izvedbo projekta je bila potrebna implementacija vsaj treh ukazov za pravilno izvedbo meritve in zajemanja podatkov v krmilnik. To so:

- Ukaz za menjavo banke (BANKSET). Senzor omogoča shranjevanje do 16 različnih merilnih profilov v tako imenovanih

MEASURE 1 vrne podatek o prvi točki predhodno izvedene meritve). Tako je mogoče pridobivanje posameznih točk iz meritve ali vseh osmih točk hkrati. To se izvede z uporabo ukaza MEASURE 0. Podatki so v tem primeru ločeni z vejico.

### 5.5 Izvedba krmilja in izvajanje izračuna v krmilniku

Pred meritvijo se paleta pomakne na merilno mesto, kjer se izvede zaklep merjenca s pnevmatičnimi prijema, tako da je merjenec vedno na istem mestu. Po izvedenem zaklepu sledita preklon banke in proženje sen-

zorja. Senzor 128-krat izmeri profil in posamezne točke in šele nato pošlje podatke PLK-ju. Iz sprejetih rezultatov se v krmilniku izvede izračun po prej opisanih enačbah, rezultat pa se posreduje na glavni računalnik, ki sprejme odločitev o ustreznosti merjenja. Če rezultat ni ustrezen, se paleta zaklene in čaka na izmet merjenja v izmetno paletu.

## 6 Sklep

Opisani senzorji omogočajo industrijsko izvajanje številnih meritev in

njihovo avtomatizacijo. Predstavljeni avtomatizirani merilni sistem za merjenje višine Hallove prirobnice prikazuje potek razvoja, opredelitev principa merjenja, vrednotenje meritev, izbiro komponent ter njihovo povezavo v sistem. Prikazana sta možnost odprave ozkih grl v proizvodnji in kakovostno izvajanje meritev. Kot primeren, za podani primer, je bil laserski 2D-profilni senzor, ki je bil postavljen ob tekočem traku in vključen v proizvodni proces. Merilni sistem vključuje ustrezen krmilnik in programsko opremo.

## Literatura

- [1] Spletno mesto: [www.miel.si](http://www.miel.si).
- [2] Spletno mesto: [industrial.omron.eu](http://industrial.omron.eu).
- [3] Uporabniška navodila ZG2 merilnega senzorja: Smart Sensor 2D Profile Measuring Sensors Users Manual; Cat.No. Z288-E1-01.
- [4] Podatkovni list ZG2 merilnega senzorja: ZG2 Smart Profile Sensor Datasheet; Cat.No. Q24E-EN-02A.

## Kompaktni krmilnik in operaterski panel serije CP1L-E in NB

### PROMOCIJSKI PAKETI

#### KOMPAKтни KRMILNIK

##### CP1L-Kit20

- CPE, CP1L-EL20DT1-D, 12DE/8DA, 24VDC, PNP
- Napajalnik, 24VDC, 60W
- Ethernet kabel, 2m
- Simulacijska stikala

##### CP1L-Kit20-T CXL

- CPE, CP1L-EL20DT1-D, 12DE/8DA, 24VDC, PNP
- Napajalnik, 24VDC, 60W
- RS232 komunikacijska opcijna ploščica
- Ethernet kabel, 2m
- Simulacijska stikala
- Programsko orodje CX-One Lite 4.26

#### OPERATERSKI PANEL

##### NB7W-ETN-KIT

- NB7W-TW01B, 7" wide TFT na dotik občutljiv zaslon, 65,000 barv, USB, Ethernet
- Napajalnik, 24VDC, 60W
- USB kabel, 1.8 m
- Ethernet kabel, 2 m

- 2GB USB ključ s programsko opremo in dokumentacijo

#### KOMPAKтни KRMILNIK + OPERATERSKI PANEL

##### NB7W-ETN-CP1-KIT

- NB7W-TW01B, 7", TFT na dotik občutljiv zaslon, 65,000 barv, USB, Ethernet
- CP1L-EM30-DT1D, CPU Ethernet -18DE/12DA, 24VDC, PNP
- Napajalnik, 24VDC, 60W
- USB kabel, 1.8 m
- Ethernet kabel, 2 m

- 2GB USB ključ s programsko opremo in dokumentacijo za NB terminal

##### NB7W-ETN-CP1-KIT-CXLT

- NB7W-TW01B, 7", TFT na dotik občutljiv zaslon, 65,000 barv, USB, Ethernet
- CP1L-EM30-DT1D, CPE Ethernet -18DE/12DA, 24VDC, PNP
- Napajalnik, 24VDC, 60W
- USB kabel, 1.8 m
- Ethernet kabel, 2 m

- 2GB USB ključ s programsko opremo in dokumentacijo za NB terminal
- Programsko orodje CX-One Lite 4.26

MIEL Elektronika, d.o.o. je pooblaščen prodajalec in ekskluzivni zastopnik OMRON-a v Sloveniji.



Na voljo so tudi Ethernet mrežna stikala:  
WES SDI-550 75,00 €  
WES SDI-880 135,00 €

	CP1L-EL20DT1-D (-EL20DR-D)	CP1L-EM30DT1-D (-EM30DR-D)	Analogna opcijna ploščica	RS232 komunikacijska opcijna ploščica	NB7W-TW01B	Napajalnik, 24VDC, 60W	Ethernet kabel, 2m, Cat 6, RJ45	Simulacijska stikala	CX-ONE LT 4.26	2GB USB ključ s prog. opremo in dokumentacijo
CP1L Kit 20T (R)	•					•	•			
CP1L Kit 30T (R)		•	•	•		•	•			
CP1L-KIT20-T-CXLT	•			•		•	•			
NB7W-ETN-KIT					•	•	•			•
NB7W-ETN-CP1-KIT		•				•	•			•
NB7W-ETN-CP1-KIT-CXLT		•				•	•			•

	Akcijska cena
CP1L Kit 20T (R)	195.00 €
CP1L Kit 30 T (R)	255.00 €
CP1L-KIT20-T-CXLT	330.00 €
NB7W-ETNKIT	395.00 €
NB7W-ETN-CP1-KIT	520.00 €
NB7W-ETN-CP1-CXLT-KIT	590.00 €
NB3Q-TW01B	195.00 €
NB5Q-TW01B	295.00 €
NB10W-TW01B	795.00 €

Naročila:

E-pošta: [info@miel.si](mailto:info@miel.si)

Faks: 03 898 57 60

**MIEL** **OMRON**  
DISTRIBUTOR  
Elementi in sistemi za industrijsko avtomatizacijo  
MIEL Elektronika, d.o.o.  
Efenkova cesta 61  
SI-3320 Velenje  
T: +386 (0)3 898 57 50  
F: +386 (0)3 898 57 60  
E: [info@miel.si](mailto:info@miel.si)

[www.miel.si](http://www.miel.si)

modra številka  
**080-MIEL**  
080-6435

Akcija traja do 31.12.2013 in je omejena na en paket na enega kupca.

## Znanstvene in strokovne prireditve

**9 Internationale Fluidtechnische Kolloquium (IFK) – Deveti mednarodni kolokvij fluidne tehnike**

24.–28. 03. 2014

**Aachen, ZRN**

Tematika: sistemi, komponente, simulacije, vrednotenja, monito-

ring in diagnosticiranje, vračanje energije, upravljanje z močjo, materiali in delovni mediji, področja uporabe pnevmatike, mobilna in avtomobilska tehnika

Informacije:

– [www.ifk2014.de](http://www.ifk2014.de)

**International Trade Fair No. 1 for**

**Plastics and Rubber Worldwide 2013 – Mednarodni sejem plastike in gume 2013**

16.–23. 10. 2013

**Düsseldorf, ZRN**

Informacije:

– [www.k-online.de](http://www.k-online.de)