



2.3 TaskC_InOut

Questo task legge lo stato dei pulsanti, degli ingressi optoisolati e aggiorna le uscite.

InOut.Field.InOpto.New							
7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	IN4	IN3	IN2	IN1

<i>bit</i>	<i>nome</i>	<i>descrizione</i>
0	IN1	pulsante di start remoto
1	IN2	pulsante di stop remoto
2	IN3	interruttore galleggiante livello minimo acqua
3	IN4	presenza 24V AUX

InOut.Field.OutOpto							
7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	OUT3	OUT2	PWOFF	POMPA

<i>bit</i>	<i>nome</i>	<i>descrizione</i>
0	POMPA	comando attivazione relé statico
1	PWOFF	comando sganciatore per il power-off
2	OUT3	free
3	OUT4	free

InOut.Field.InDig.New							
7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	-	-	IN2	IN1

<i>bit</i>	<i>nome</i>	<i>descrizione</i>
0	IN1	pulsante di start/stop sul pannello frontale
1	IN2	pulsante di timer sul pannello frontale

InOut.Field.OutDig							
7	6	5	4	3	2	1	0
BUZZER	-	-	-	-	-	LEDTIMER	LEDSSTOP

<i>bit</i>	<i>nome</i>	<i>descrizione</i>
0	LEDSSTOP	led del pulsante start/stop sul pannello frontale
1	PWOFF	led del pulsante di timer sul pannello frontale
7	BUZZER	buzzer on board

2.4 Task ausiliari

Il *TaskE_Faux* esegue le funzioni di supporto mentre il *TaskF_Diagno* trasmette le informazioni al display grafico mediante la seriale.

2.5 Parametri ritentivi

Alcuni parametri sono salvati nella EEprom presente nel uP in modo da essere disponibile ad ogni accensione.

<i>parametro</i>	<i>descrizione</i>
EE.InUse.Field.Function	funzioni attive
EE.InUse.Field.ClockCorr	numero di correzioni del clock
EE.InUse.Field.TimerTarget	tempo del timer

3 Sonar

Per determinare il livello dell'acqua presente nel pozzo si possono utilizzare diversi sistemi: dal misuratore di pressione da posizionare sul fondo al potenziometro collegato al galleggiante oppure mediante un Sonar come scelto in questo progetto.

Caratteristiche

Il Sonar utilizzato è il MB7052 della MaxBotix che si caratterizza per la flessibilità e la facilità di utilizzo.

XL- MaxSonar® - WRM1™ MB7052

XL- MaxSonar® - WRMA1™ MB7092

Weather Resistant (IP67) Sonar Range Finder with High Power Output, Noise Rejection, Most Likely Target Filtering, Auto Calibration & Long-Range Narrow Detection Zone

MB7052
MB7092



The MB7052 and the MB7092 provide users with robust range information in air. The sensor ignores smaller targets and only reports the range to the target with the largest acoustic return. Additional filtering in the MB7052 and MB7092 also rejects moving target clutter such as rain or snow, electrical noise, and outside acoustic noise. This sensor also features high-power acoustic output along with real-time auto calibration for changing conditions (supply voltage sag, acoustic noise, or electrical noise), operates with supply voltage from 3V to 5.5V, detects objects from 0-cm to 765-cm (25.1 feet) and provides sonar range information from 20-cm out to 765-cm with 1-cm resolution. Objects from 0-cm to 20-cm range as 20-cm or closer. The sensor is housed in a compact, robust PVC housing, designed to meet IP67 water intrusion, and matches standard electrical/water 3/4" PCV pipe fittings. The user interface formats included are pulse-width (MB7052), real-time analog-voltage envelope (MB7092), analog voltage output, and serial output.

Le principali caratteristiche sono :

- tensione di alimentazione 3.3 – 5.5 Vdc
- consumo a 5 volt 3.4 mA , peak 100 mA
- auto calibrazione, impulso Sonar a 42 KHz
- distanza massima del target 765 cm
- distanza minima del target 30 cm
- risoluzione della misura di 1 cm
- tre differenti indicazione della misura
- filtri software anti rumore
- grado di protezione IP67

Il dispositivo è dotato di un connettore con 7 terminali con le seguenti funzioni:

Layout interfaccia del MB7052			
pin	tipo	utilizzo	funzione
1	in		modalita del pin 5
2	out	✓	distanza del target con impulso digitale, 58 uS per cm a 22.5 °C
3	out	✓	distanza del target con tensione analogica, 4.9 mV per cm VCC 5 volt
4	in	✓	controllo start e stop nuova misura
5	out		distanza del target in formato ASCII, seriale 9600N81
6	power	✓	alimentazione 3-5.5 volt
7	power	✓	ground

Tabella 3.0 – layout interfaccia del MB7052.

Questo modello è particolarmente adatto per la misura del livello dell'acqua perché sono implementate nel software le funzioni *Noise and Clutter Filtering* e *Target Speed*. Con la prima vengono rimossi tutti i gli echo

dei target a breve distanza e solo il target più lontano viene comunicato: questo permette di rimuovere gli echo prodotti dalle pareti del pozzo o dal tubo di pescaggio e solo il target più lontano, l'acqua, viene rilevato. La *Target Speed* richiede che la variazione di velocità del target tra due letture sia minore di 10 cm altrimenti la misura viene scartata; considerando la bassa variazione del livello dell'acqua durante il funzionamento della pompa questa funzione contribuisce a eliminare eventuali false letture.

Interfaccia

Il pin 4 controlla l'acquisizione del target dal parte del Sonar: se lasciato alto le misure verranno eseguite in successione ogni 300 mS circa, se portato a 0 logico non viene eseguita nessuna misura. La scheda *Controller* mediante il segnale *SO_RUN* abbinato a questo pin, eseguirà la misurazione ogni 1 o 4 secondi in funzione dello stato del sistema. La distanza del target viene indicata dal *MB9072* mediante una tensione analogica sul pin 3 o mediante un impulso digitale sul pin 2. Entrambi i segnali sono letti dalla *Controller* ma solo l'impulso digitale viene utilizzato per calcolare il livello dell'acqua perché non risente degli errori di conversione AD/DA e delle variazioni della tensione di alimentazione. La durata dell'impulso rappresenta il *ToF (TimeOfFlight)* ovvero il tempo di andata e di ritorno verso il target; per calcolare la distanza è sufficiente dividere il valore per 58 che rappresenta il tempo in uS necessario all'impulso del Sonar a coprire la distanza di 1 cm a 25,5 °C.

Compensazione della temperatura

La velocità di propagazione del suono nell'aria è di 340 m/s a 15 °C e varia in funzione della temperatura secondo la formula:

$$v_{m/s} = 331,4 + 0,62 \times t_{°C}$$

per eseguire delle misure precise è pertanto necessario compensare la temperatura con la formula:

$$D_m = \text{ToF} \frac{20,05 \sqrt{(T_c + 273,15)}}{2}$$

D_m = distanza (mt)
 ToF = durata impulso (sec)
 T_c = temperatura dell'aria (°C)

Il valore di conversione 58 uS/cm fornito dalla *MaxBotix* è da utilizzare nel calcolo della distanza solo se la temperatura in cui opera il Sonar è di 22,5 °C altrimenti si introduce un errore proporzionale al gap tra la temperatura reale e 22,5 °C. Supponiamo ad esempio di rilevare la distanza di un target posto a 300 cm a 22,5 °C e a 12,5 °C; il *ToF* reale soggetto alle due temperature vale:

$$\text{ToF}_{t_1} = \frac{2 D_m}{20,05 \sqrt{(T_c + 273,15)}} \Rightarrow \frac{2 \times 3}{20,05 \sqrt{(22,5 + 273,15)}} = 17,403^{-3} \text{ sec}$$

$$\text{ToF}_{t_2} = \frac{2 D_m}{20,05 \sqrt{(T_c + 273,15)}} \Rightarrow \frac{2 \times 3}{20,05 \sqrt{(12,5 + 273,15)}} = 17,705^{-3} \text{ sec}$$

la misura della distanza alla temperatura t_2 senza la compensazione diventa

$$D_{m_{t_2}} = \text{ToF}_{t_2} / 58^{-6} \Rightarrow 17,705^{-3} / 58^{-4} = 3,052 \text{ mt}$$

un aumento di 5,2 cm con un errore pari a

$$\text{err \%} = D_{m_{t_2}} - D_{m_{t_1}} / D_{m_{t_1}} \Rightarrow (3,052 - 3,00 / 3,00) 100 = 1,73 \%$$

Una diminuzione di 10 °C ha prodotto un aumento della distanza rilevata del 1,73% in quanto la velocità del suono diminuisce con il diminuire della temperatura e quindi aumenta il tempo *ToF*. Per rilevare la temperatura viene utilizzata una NTC posta all'interno della scatola contenente il *MB7052* e gestita dal *TaskH_Ntc*. La compensazione viene applicata solo all'impulso *ToF* mentre la tensione analogica viene convertita con il fattore di 4.9 mV/cm riferito a 22,5 °C. La tabella 3.1 ne riassume il comportamento.

Compensazione in temperatura della distanza misurata con il sonar MB7052

Temperature Compensation that uses the time of flight in seconds, and temperature in degrees centigrade and yields the distance in meters works for all of our products.

$$Dm = TOF * ((20.05 * \text{SQRT}(Tc + 273.15)) / 2)$$

Where

TOF is the measured Time Of Flight in seconds,
Tc is the ambient temperature in degrees C,
SQRT is the symbol* for square root (* in Microsoft Excel)

and

Dm is the distance in meters.

Calcolo della costante compensata in temperatura					Misura non compensata Dm = 300 cm				
Temperatura		Costante (20,05 * sqrt (Tc + 273.15) / 2)			Velocita del suono	TOF	Distanza non compensata	Errore	
°C	K	standard	normalizzato	normalizzato 1/x	m/s	µs	cm	%	cm
-5	268,15	164,1622447	0,0164162	60,9153464	328,300	18274,604	315,008	5,003	15,008
-4	269,15	164,4680614	0,0164468	60,8020786	328,920	18240,624	314,422	4,807	14,422
-3	270,15	164,7733105	0,0164773	60,6894404	329,540	18206,832	313,840	4,613	13,840
-2	271,15	165,0779951	0,0165078	60,5774258	330,160	18173,228	313,260	4,420	13,260
-1	272,15	165,3821184	0,0165382	60,4660292	330,780	18139,809	312,684	4,228	12,684
0	273,15	165,6868635	0,0165686	60,3552449	331,400	18106,573	312,111	4,037	12,111
1	274,15	165,9886934	0,0165989	60,2450673	332,020	18073,520	311,542	3,847	11,542
2	275,15	166,2911512	0,0166291	60,1354908	332,640	18040,647	310,975	3,658	10,975
3	276,15	166,5930599	0,0166593	60,0265102	333,260	18007,953	310,411	3,470	10,411
4	277,15	166,8944224	0,0166894	59,9181198	333,880	17975,436	309,851	3,284	9,851
5	278,15	167,1952417	0,0167195	59,8103146	334,500	17943,094	309,293	3,098	9,293
6	279,15	167,4955207	0,0167496	59,7030891	335,120	17910,927	308,739	2,913	8,739
7	280,15	167,7952624	0,0167795	59,5964383	335,740	17878,931	308,187	2,729	8,187
8	281,15	168,0944696	0,0168094	59,4903570	336,360	17847,107	307,639	2,546	7,639
9	282,15	168,3931452	0,0168393	59,3848401	336,980	17815,452	307,093	2,364	7,093
10	283,15	168,6912919	0,0168691	59,2798027	337,600	17783,965	306,550	2,183	6,550
11	284,15	168,9889126	0,0168989	59,1754799	338,220	17752,644	306,011	2,004	6,011
12	285,15	169,2860101	0,0169286	59,0716267	338,840	17721,488	305,473	1,824	5,473
13	286,15	169,5825871	0,0169583	58,9683185	339,460	17690,496	304,939	1,646	4,939
14	287,15	169,8786463	0,0169879	58,8655503	340,080	17659,665	304,408	1,469	4,408
15	288,15	170,1741904	0,0170174	58,7633176	340,700	17628,995	303,879	1,293	3,879
16	289,15	170,4692222	0,0170469	58,6616157	341,320	17598,485	303,353	1,118	3,353
17	290,15	170,7637442	0,0170764	58,5604400	341,940	17568,132	302,830	0,943	2,830
18	291,15	171,0577592	0,0171058	58,4597860	342,560	17537,936	302,310	0,770	2,310
19	292,15	171,3512696	0,0171351	58,3596493	343,180	17507,895	301,792	0,597	1,792
20	293,15	171,6442781	0,0171644	58,2600254	343,800	17478,008	301,276	0,425	1,276
21	294,15	171,9367873	0,0171937	58,1609099	344,420	17448,273	300,764	0,255	0,764
22	295,15	172,2287998	0,0172229	58,0622986	345,040	17418,690	300,254	0,085	0,254
22,5	295,65	172,3746205	0,0172375	58,0131807	345,350	17403,954	300,000	0,000	0,000
23	296,15	172,5203179	0,0172520	57,9641872	345,660	17389,256	299,747	-0,084	-0,253
24	297,15	172,8113443	0,0172811	57,8665714	346,280	17359,971	299,242	-0,253	-0,758
25	298,15	173,1018814	0,0173102	57,7694472	346,900	17330,834	298,740	-0,420	-1,260
26	299,15	173,3919317	0,0173392	57,6728104	347,520	17301,843	298,240	-0,587	-1,760
27	300,15	173,6814976	0,0173681	57,5766569	348,140	17272,997	297,743	-0,752	-2,257
28	301,15	173,9705815	0,0173971	57,4809828	348,760	17244,295	297,248	-0,917	-2,752
29	302,15	174,2591858	0,0174259	57,3857840	349,380	17215,735	296,756	-1,081	-3,244
30	303,15	174,5473130	0,0174547	57,2910567	350,000	17187,317	296,266	-1,245	-3,734
31	304,15	174,8349653	0,0174835	57,1967969	350,620	17159,039	295,778	-1,407	-4,222
32	305,15	175,1221451	0,0175122	57,1030008	351,240	17130,900	295,293	-1,569	-4,707
33	306,15	175,4088548	0,0175409	57,0096647	351,860	17102,899	294,811	-1,730	-5,189
34	307,15	175,6950966	0,0175695	56,9167848	352,480	17075,035	294,330	-1,890	-5,670
35	308,15	175,9808728	0,0175981	56,8243573	353,100	17047,307	293,852	-2,049	-6,148
36	309,15	176,2661857	0,0176266	56,7323787	353,720	17019,714	293,377	-2,208	-6,623
37	310,15	176,5510375	0,0176551	56,6408453	354,340	16992,254	292,903	-2,366	-7,097
38	311,15	176,8354305	0,0176835	56,5497535	354,960	16964,926	292,432	-2,523	-7,568
39	312,15	177,1193668	0,0177119	56,4590998	355,580	16937,730	291,963	-2,679	-8,037
40	313,15	177,4028487	0,0177403	56,3688806	356,200	16910,664	291,497	-2,834	-8,503
41	314,15	177,6858783	0,0177686	56,2790926	356,820	16883,728	291,033	-2,989	-8,967
42	315,15	177,9684578	0,0177968	56,1897323	357,440	16856,920	290,571	-3,143	-9,429
43	316,15	178,2505893	0,0178251	56,1007963	358,060	16830,239	290,111	-3,296	-9,889
44	317,15	178,5322750	0,0178532	56,0122813	358,680	16803,684	289,653	-3,449	-10,347
45	318,15	178,8135169	0,0178814	55,9241839	359,300	16777,255	289,197	-3,601	-10,803
46	319,15	179,0943172	0,0179094	55,8365009	359,920	16750,950	288,744	-3,752	-11,256
47	320,15	179,3746780	0,0179375	55,7492290	360,540	16724,769	288,293	-3,902	-11,707
48	321,15	179,6546012	0,0179655	55,6623651	361,160	16698,710	287,843	-4,052	-12,157
49	322,15	179,9340889	0,0179934	55,5759059	361,780	16672,772	287,396	-4,201	-12,604
50	323,15	180,2131432	0,0180213	55,4898484	362,400	16646,955	286,951	-4,350	-13,049

Costante utilizzata dal MB7052
Range di utilizzo del MB7052

Errore rispetto a 22.5 °C (%/°C)	0,176
----------------------------------	-------

Tabella 3.1 – compensazione della temperatura.

3.1 TaskD_Sonar

La gestione del Sonar viene eseguita dal *TaskD_Sonar* che controlla la comunicazione e analizza il risultato della misura; le risorse utilizzate sono:

- interrupt INT0 : attivo sul fronte di salita dell'impulso *ToF* azzerà il Timer3
- interrupt CCP2 : attivo sul fronte di discesa dell'impulso *ToF* cattura il valore del Timer3
- Timer3 16 bit : misura la durata e la presenza dell'impulso *ToF*
- SO_RUN : richiede al Sonar una nuova misura

Lo stato del task è indicato dalla variabile *Sonar.Field.STATUS* mentre gli errori sono indicati in *Sonar.Field.ERROR*: il bit *Risp* attiva il bit *Ope.Field.FAULT.Sonar*.

Stato del task

Sonar.Field.STATUS							
7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	Ready	Comp	Acq	Mes	Run

Tabella 3.2 – variabile di stato del TaskD_Sonar.

bit	bit	descrizione
0	Run	il bit cambia di stato ogni esecuzione del TaskD_Sonar
1	Acq	richiesta di una nuova misura, segnale SO_RUN attivo
2	Mes	misura dell'impulso ToF in corso
3	Comp	la temperatura del Sonar è cambiata e bisogna compensare
4	Ready	il sistema di misura è operativo

Gestione degli errori

Sonar.Field.ERROR							
7	6	5	4	3	2	1	0
Risp	Pulse	CCP2	INT0	WaterDrift	Water	TargetA	TargetD

Tabella 3.3 – variabile degli errori del TaskD_Sonar.

bit	funzione	descrizione	reset	fault
0	TargetD	la distanza del target calcolata con l'impulso ToF digitale è superiore a 400 cm o minore di 50 cm	si	no
1	TargetA	la distanza del target calcolata con l'uscita analogica è superiore a 400 cm o minore di 50 cm	si	no
2	Water	Il livello dell'acqua calcolato con l'impulso ToF digitale è superiore a 200 cm o minore di 1 cm	si	no
3	WaterDrift	la variazione del livello dell'acqua supera i 10 cm	si	no
4	INT0	fronte di salita dell'impulso ToF con nessuna misura in corso	si	no
5	CCP2	fronte di discesa dell'impulso ToF con nessuna misura in corso	si	no
6	Pulse	la durata dell'impulso ToF ha superato 65535 mS	si	no
7	Risp	il Sonar non ha generato l'impulso ToF entro 262 mS dalla richiesta di una nuova misura	si	si

