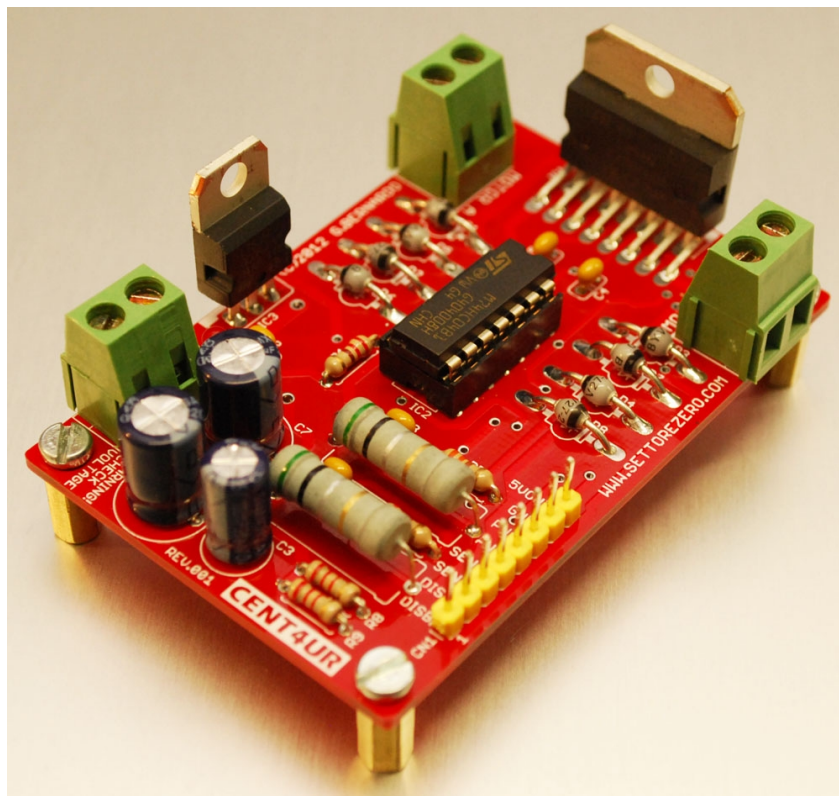


CENT4UR



Motor Driver

per coppia di motori DC a spazzole
max 2A / canale

MANUALE UTENTE

©2012 Giovanni Bernardo

Indice

Informativa.....	4
Avvertenze.....	4
Introduzione.....	5
Principio di funzionamento dell'L298.....	5
Funzionamento delle uscite.....	7
Funzionamento degli ingressi.....	7
Current sensing.....	8
Stadio di alimentazione.....	9
Collegamenti ai connettori.....	10
Schema elettrico.....	12
Elenco componenti.....	13
Elenco componenti riassuntivo.....	13
Links.....	14

Informativa

Come prescritto dall'art. 1, comma 1, della legge 21 maggio 2004 n.128, l'autore avvisa di aver assolto, per la seguente opera dell'ingegno, a tutti gli obblighi della legge 22 Aprile del 1941 n. 633, sulla tutela del diritto d'autore.

Tutti i diritti di questa opera sono riservati. Ogni riproduzione ed ogni altra forma di diffusione al pubblico dell'opera, o parte di essa, senza un'autorizzazione scritta dell'autore, rappresenta una violazione della legge che tutela il diritto d'autore, in particolare non ne è consentito un utilizzo per trarne profitto.

La mancata osservanza della legge 22 Aprile del 1941 n. 633 è perseguibile con la reclusione o sanzione pecuniaria, come descritto al Titolo III, Capo III, Sezione II. A norma dell'art. 70 è comunque consentito, per scopi di critica o discussione, il riassunto e la citazione, accompagnati dalla menzione del titolo dell'opera e dal nome dell'autore.

Avvertenze

I progetti presentati non hanno la certificazione CE, quindi non possono essere utilizzati per scopi commerciali nella Comunità Economica Europea. Chiunque decida di far uso delle nozioni riportate nella seguente opera o decida di realizzare i circuiti proposti, è tenuto pertanto a prestare la massima attenzione in osservanza alle normative in vigore sulla sicurezza.

L'autore declina ogni responsabilità per eventuali danni causati a persone, animali o cose derivante dall'utilizzo diretto o indiretto del materiale, dei dispositivi o del software presentati nella seguente opera. Si fa inoltre presente che quanto riportato viene fornito così com'è, a solo scopo didattico e formativo, senza garanzia alcuna della sua correttezza e senza supporto alcuno.

L'autore ringrazia anticipatamente per la segnalazione di ogni errore.

Introduzione

CENT4UR™ è una scheda di potenza per controllo motori che va collocata tra un microcontrollore capace di generare segnali PWM (anche emulati) e una coppia di motori DC a spazzole aventi un assorbimento massimo di 2A ciascuno ed una tensione di alimentazione fino a 30V.

Le specifiche del driver utilizzato consentono, in realtà, una tensione di alimentazione dei motori fino a 46V ma è bene non esagerare!

CENT4UR™ è basato sul ponte H L298N della ST Microelectronics. Molti avrebbero da ridire sulla scelta relativa al ponte H utilizzato: l' L298 è difatti un circuito integrato abbastanza vecchio. In realtà è proprio nella questione della relativa *vecchiaia* che risiede tale scelta: l'L298 è facilissimo da trovare, è reperibile a prezzi molto abbordabili ed è ultracollaudato. Molti "robottari" ne hanno almeno uno che giace nel cassetto. In aggiunta non è un componente fuori produzione come molti affermano: il sito della ST lo porta come "active" (vedi paragrafo links).

CENT4UR™ è stato progettato per aderire perfettamente alle specifiche richieste dal datasheet dell' L298N ed inoltre integra a bordo la circuiteria di current sensing necessaria per il monitoraggio della corrente assorbita dai motori e un inverter per mimizzare i collegamenti verso una MCU.

L' L298N è protetto internamente contro il surriscaldamento ma non contro la sovracorrente, per cui il monitoraggio dell' assorbimento dei motori su questo tipo di ponti H è una scelta obbligata: prima di tutto per motivi di sicurezza, secondariamente perchè ci permette anche di capire se un motore, ad esempio, è in stallo, soprattutto se non facciamo uso di encoders.

L' L298N è un ponte H integrato doppio progettato per il pilotaggio di potenza di motori DC a spazzole ma anche motori stepper, solenoidi o altri carichi induttivi che richiedono elevate correnti. Tuttavia la scheda di CENT4UR™ è progettata esclusivamente per il pilotaggio di una coppia di motori DC e quindi per la movimentazione di robot medio/piccoli o che comunque non richiedano assorbimenti superiori a 2A per motore.

Principio di funzionamento dell'L298

L'L298 consta di due stadi di potenza (indicati con le lettere A e B). Ogni stadio di potenza permette il pilotaggio di un motore (Motore A e Motore B). Ciascuno stadio è formato da due mezzi ponti H. Ogni mezzo ponte possiede un ingresso di controllo al quale vanno applicati segnali logici TTL e un'uscita di potenza alla quale va collegato il carico da pilotare. Portando a livello logico alto un ingresso, l'uscita relativa viene portata anch'essa alla tensione/corrente elevata predisposta per l'alimentazione del carico. L' L298 ha difatti un ingresso chiamato Vs (pin n°4) al quale viene applicata la tensione destinata esclusivamente all'alimentazione dei carichi applicati alle uscite.

L'alimentazione per la parte logica è invece applicata su un pin a parte (pin n°9 indicato come Vss).

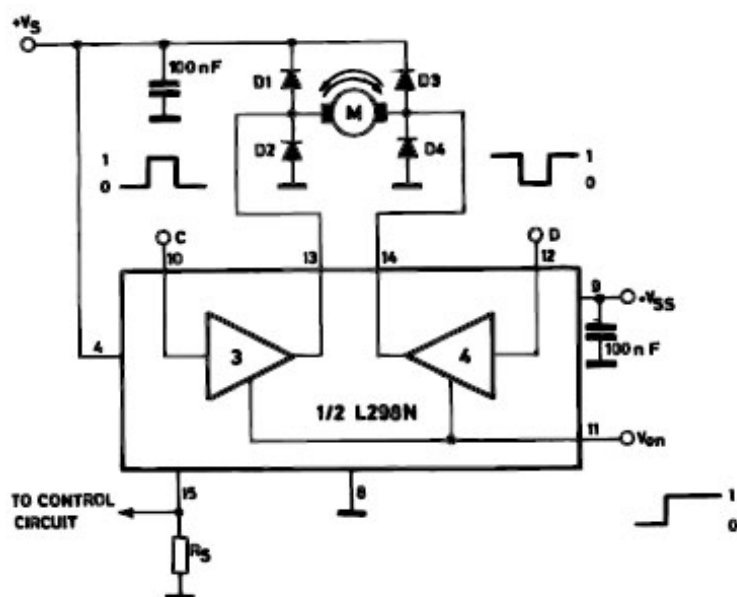
Chi è abituato a lavorare con i PICmicro troverà strano vedere Vss come indicazione di una tensione di alimentazione logica positiva, dato che sui PICmicro il simbolo Vss viene normalmente utilizzato per l'indicazione del riferimento di massa.

Un singolo L298, quindi, consente di pilotare 2 motori da 2A ciascuno.

L' L298 consente anche il collegamento in parallelo per pilotare un unico motore con il doppio della corrente ma richiede una configurazione circuitale differente non supportata dalla versione corrente di CENT4UR™

Utilizzando due mezzi ponti H è quindi possibile controllare un singolo motore in maniera bidirezionale (avanti/indietro) e in velocità applicando i segnali di controllo in maniera opportuna ai due ingressi. Vedremo tra poco come.

Nel diagramma seguente, estratto dal datasheet, è possibile capire il funzionamento di uno stadio completo. Lo schema è riferito esclusivamente allo stadio B (ma le considerazioni valgono ovviamente anche per lo stadio A):



I due mezzi ponti che compongono il singolo stadio di potenza sono rappresentati dai simboli triangolari 3 e 4. I segnali di controllo dello stadio B vengono applicati ai pin 10 e 12 (punti C e D sullo schema) e le uscite sono prelevate sui pin 13 e 14 (alle quali vediamo collegato il motore M, circondato da 4 diodi dei quali illustreremo poi la funzione). Ogni ponte H completo ha inoltre un segnale di abilitazione che permette di disabilitare l'intero stadio di potenza (pin 11 per lo stadio B) in quanto agisce su entrambi i mezzi ponti H.

Su CENT4UR™ il segnale di abilitazione è tenuto sempre alto mediante resistenze di pullup, dimodochè ogni stadio sia sempre attivo minimizzando i collegamenti con la MCU destinata al controllo. Ad ogni modo è possibile disabilitare un ponte H applicando un livello logico basso agli ingressi della scheda contrassegnati con le sigle **DISA** e **DISB** per disabilitare rispettivamente lo stadio A e lo stadio B. Questa operazione è opportuna, ad esempio, nel caso in cui stiamo monitorando la corrente e ci accorgiamo che qualcosa non va (assorbimento di corrente eccessivo): in questo caso è opportuno disabilitare il ponte per evitare danni.

Fate riferimento ai paragrafi relativi ai collegamenti per capire come pilotare questi due ingressi.

Ogni stadio per il controllo motore, dicevamo, ha quindi due ingressi e due uscite. Alle due uscite viene collegato il motore da pilotare. Analizziamo separatamente il funzionamento delle uscite e degli ingressi.

Funzionamento delle uscite

Essendo i motori dei carichi induttivi, il pilotaggio, specie con valori di corrente elevati, crea pericolosi picchi di tensione inversa. Per tale motivo è necessario montare diodi di ricircolo dato che l'L298 non ne è provvisto internamente. Questo è il senso dei 4 diodi illustrati nello schema applicativo dell'L298N.

L' L298N richiede quindi un ponte a diodi per ogni stadio di potenza. Da datasheet sono richiesti 4 diodi da 2A aventi un tempo di recupero inferiore ai 200nS e una $V_f \leq 1.2V$ a 2A.

Con mia sorpresa, dopo aver analizzato lo schema di molti driver commerciali basati sull' L298N, mi sono accorto che molti non utilizzano diodi che rispettano le specifiche richieste dal datasheet, ma utilizzano piuttosto diodi commerciali a buon prezzo e con buona reperibilità a discapito di un funzionamento corretto del ponte H.

Su CENT4UR™ sono stati utilizzati diodi schottky modello BYV27-200 che hanno un tempo di recupero di soli 25nS e una V_f di 1.07V a 3A ed inoltre supportano una corrente continua di 2A con picchi fino a 50A. L'utilizzo di tali diodi consente quindi di operare in massima sicurezza con margini molto più estesi di quelli richiesti.

I motori vanno quindi collegati ai morsetti a vite contrassegnati con le sigle **MOTOR A** e **MOTOR B**.

Funzionamento degli ingressi

Dicevamo che ogni stadio di potenza, A e B, possiede due uscite e due ingressi. Portando a livello logico alto un ingresso, anche l'uscita relativa si porterà al livello alto ma con la tensione di alimentazione dei motori.

Su CENT4UR™ i collegamenti sono stati semplificati: è possibile difatti pilotare ogni stadio con un singolo segnale anzichè due. Disponendo di una MCU con due uscite PWM è quindi possibile pilotare due motori in maniera separata.

Su CENT4UR™ il segnale PWM proveniente dalla MCU di controllo viene inviato direttamente ad uno dei due ingressi di ogni stadio, l'altro ingresso viene invece alimentato tramite lo stesso segnale PWM ma invertito grazie a un'inverter presente nel 74HC04. Questo tipo di pilotaggio viene chiamato Locked Anti Phase (LAP).

Variando il duty cycle del segnale PWM applicato agli ingressi, è possibile variare la velocità del motore, fermarlo e invertirne il senso di rotazione. Con un duty cycle del 50% il motore resterà fermo. Aumentando il duty cycle il motore girerà in un verso con una velocità crescente fino ad arrivare ad un valore di duty cycle del 100% (segnale di pilotaggio a livello logico alto fisso) che corrisponde alla massima velocità in quel verso di rotazione. Diminuendo il duty cycle il motore girerà nel verso opposto con velocità crescente fino ad arrivare ad un valore dello 0% (segnale di pilotaggio a livello logico basso fisso).

I segnali di pilotaggio dei motori A e B vanno applicati sul connettore CN1 rispettivamente nei punti contrassegnati come **PWA** e **PWB**.

Current sensing

Sui Pin 1 e 15 dell' L298N è possibile monitorare l'assorbimento dei motori. Molti ponti commerciali, per risparmiare, mettono questi due pin a massa: questo è difatti il collegamento corretto da eseguire quando non si vuole monitorare la corrente, altrimenti il motore non viene alimentato in quanto attraverso quei due pin scorre la corrente che alimenta i motori.

Come dicevo, però, l'L298N non è protetto contro la sovracorrente per cui è buona norma controllare l'assorbimento dei motori sfruttando due ingressi analogici di una MCU per leggere la corrente assorbita. Per controllare la corrente è necessario montare una resistenza tra questi pin e la massa e misurare la caduta di tensione tra massa e pin.

La resistenza va calcolata tenendo conto che la caduta di tensione che andiamo a causare non deve superare la tensione massima misurabile dall'ADC della MCU. Anche la potenza della resistenza utilizzata non va sottovalutata dal momento che all'interno di essa passa la stessa corrente che alimenta il motore: 2A nel peggiore dei casi.

Su CENT4UR™ sono state scelte resistenze da 0.5Ω. Il motivo è presto detto: con la corrente massima (2A) si causa una caduta di tensione massima di 1V che consente la lettura anche da parte di MCU che operano a 3.3V e senza ricorrere all'utilizzo di amplificatori operazionali. In aggiunta con un valore di 0.5Ω è possibile scegliere una resistenza della potenza massima di 2W, facile da reperire e non eccessivamente ingombrante.

Nel caso in cui avessimo scelto una resistenza da 2.5Ω , che ci consentiva di avere una caduta di tensione massima di 5V (permettendoci di sfruttare tutta la dinamica offerta da un ADC a 5V), sarebbe stata necessaria una potenza di 5W, che incomincia a diventare troppo ingombrante e comunque non consentiva l'interfacciamento a MCU a 3.3V.

In parallelo all'uscita di current sensing è quindi previsto un condensatore per rendere il più stabile possibile il valore di tensione letto, e quindi una resistenza di 330Ω in serie come protezione aggiuntiva.

Misurando con l'oscilloscopio il segnale in uscita dai pin di current sensing non mi è mai capitato di trovare spike di tensione. Il segnale di current sensing viene prelevato dai pin della scheda contrassegnati con **SENA** e **SENB**.

Supponendo di utilizzare un ADC a 10bit operante a 5V, il calcolo da fare per misurare la corrente assorbita da un singolo motore è semplice. Ogni bit dell'ADC rappresenta un valore di tensione pari a:

$$5/1024 = 4,88\text{mV} \approx 5\text{mV}$$

Utilizzando la resistenza da 0.5Ω abbiamo che la corrente assorbita dal motore, espressa in milli ampere, è pari a:

$$I = V/R = V/0.5 = (5*\text{valore ADC})/0.5$$

Dove (5*valore ADC) è la caduta di tensione misurata ai capi della resistenza di sensing. Dato che $5/0.5 = 10$, i calcoli vengono semplificati moltiplicando il valore letto dall'ADC per 10. Capite quindi che la scelta del valore di 0.5Ω è stata fatta in seguito a numerose considerazioni.

Se, ad esempio, l'ADC legge un valore pari a 200, la corrente assorbita è: $(5*200)/0.5 = 2000\text{mA}$. In questo specifico caso siamo al limite della corrente sopportata dall'L298N e possiamo inviare il segnale di disabilitazione per spegnere lo stadio di potenza relativo.

Stadio di alimentazione

CENT4UR™ viene alimentato tramite la stessa tensione utilizzata per alimentare i motori: il 7805 a bordo provvede difatti a fornire la tensione logica per l'inverter e l'L298N. Tuttavia l'utilizzo di un 7805 con la stessa tensione di alimentazione dei motori comporta alcune considerazioni:

- Non è possibile utilizzare motori funzionanti a 6V in quanto il 7805 richiede almeno 7V in ingresso. E' possibile però scendere a 6V utilizzando regolatori a basso dropout al posto del 7805.
- E' bene non superare in ingresso una tensione di 14V altrimenti il 7805 deve dissipare molto calore con conseguente surriscaldamento. Già con tensioni

superiori a 10V sarebbe bene provvedere ad un'aletta di raffreddamento per il 7805.

Se i motori che dovete utilizzare funzionano a meno di 7/6V o a più di 14V allora è bene non montare il 7805 e provvedere all'alimentazione della scheda con una sorgente esterna a 5V da applicare al pin 5VOUT del connettore CN1. Tale pin difatti riporta in uscita la tensione regolata dal 7805 a bordo di CENT4UR™ ma è collegato a tutto il ramo di alimentazione dei 5V per cui non montando il 7805 è possibile applicare qui una tensione dall'esterno e provvedere quindi all'alimentazione della parte logica.

Collegamenti ai connettori

Sul connettore **CN1** vengono applicati i segnali di controllo:

5VOUT	5V in uscita dal regolatore di tensione incluso su CENT4UR™ oppure ingresso 5V per alimentazione logica CENT4UR™ nel caso in cui il regolatore IC3 non viene montato.
GND	Massa comune. Collegare sempre alla massa del sistema di controllo.
PWA	Ingresso segnale PWM di controllo per Motore A.
PWB	Ingresso segnale PWM di controllo per Motore B.
SENA	Uscita analogica current sensing Motore A (1V = 2A)
SENB	Uscita analogica current sensing Motore B
DISA	Disabilitazione stadio A (fate riferimento al paragrafo successivo)
DISB	Disabilitazione stadio B (fate riferimento al paragrafo successivo)

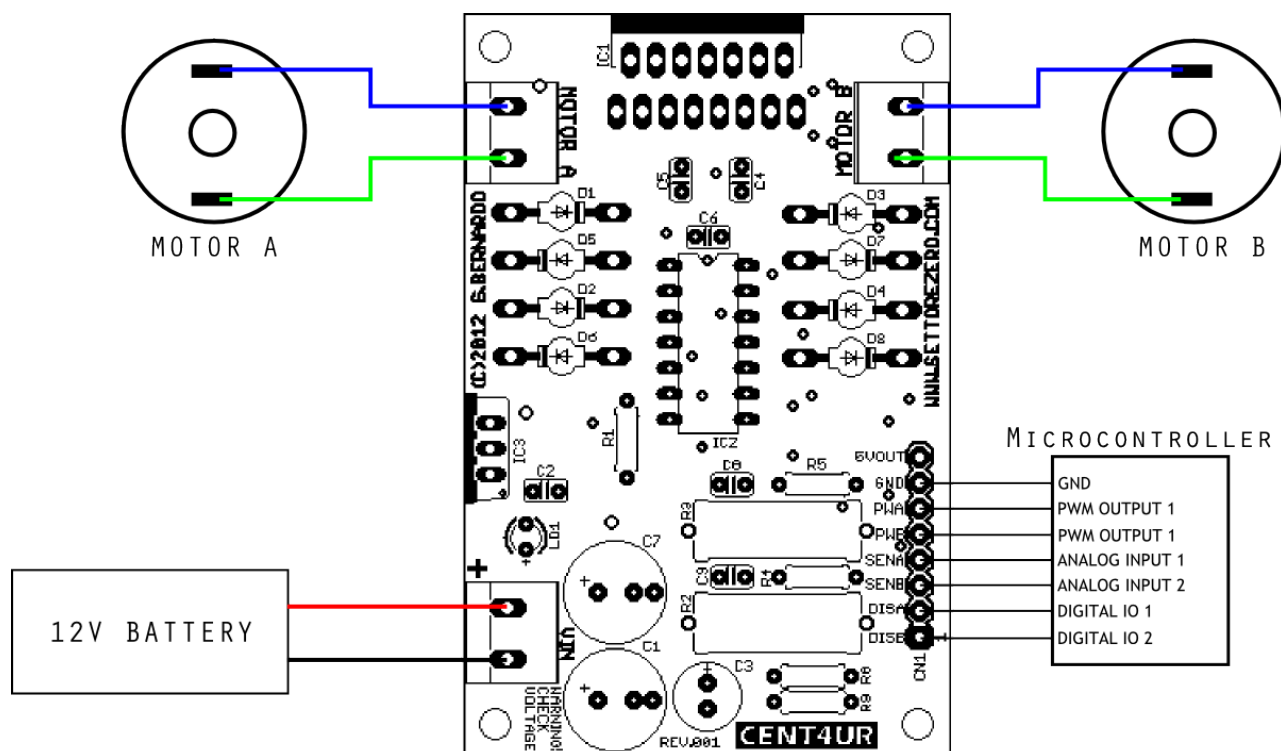
Sui connettori **MOTOR A** e **MOTOR B** vengono collegati i motori DC da pilotare. La polarità, che determina i versi di rotazione, è bene determinarla sperimentalmente.

Sul connettore **VIN** va applicata la tensione di alimentazione dei motori. Questo ingresso non è protetto contro l'inversione di polarità, quindi fare attenzione al collegamento. Il polo positivo è indicato con un simbolo + sulla serigrafia.

Range di tensione di alimentazione ammessi:

7 ÷ 14V se usato il regolatore incluso (6V min se usato un regolatore a basso dropout)
6 ÷ 30V se la parte logica viene alimentata dall'esterno

Esempio di collegamento



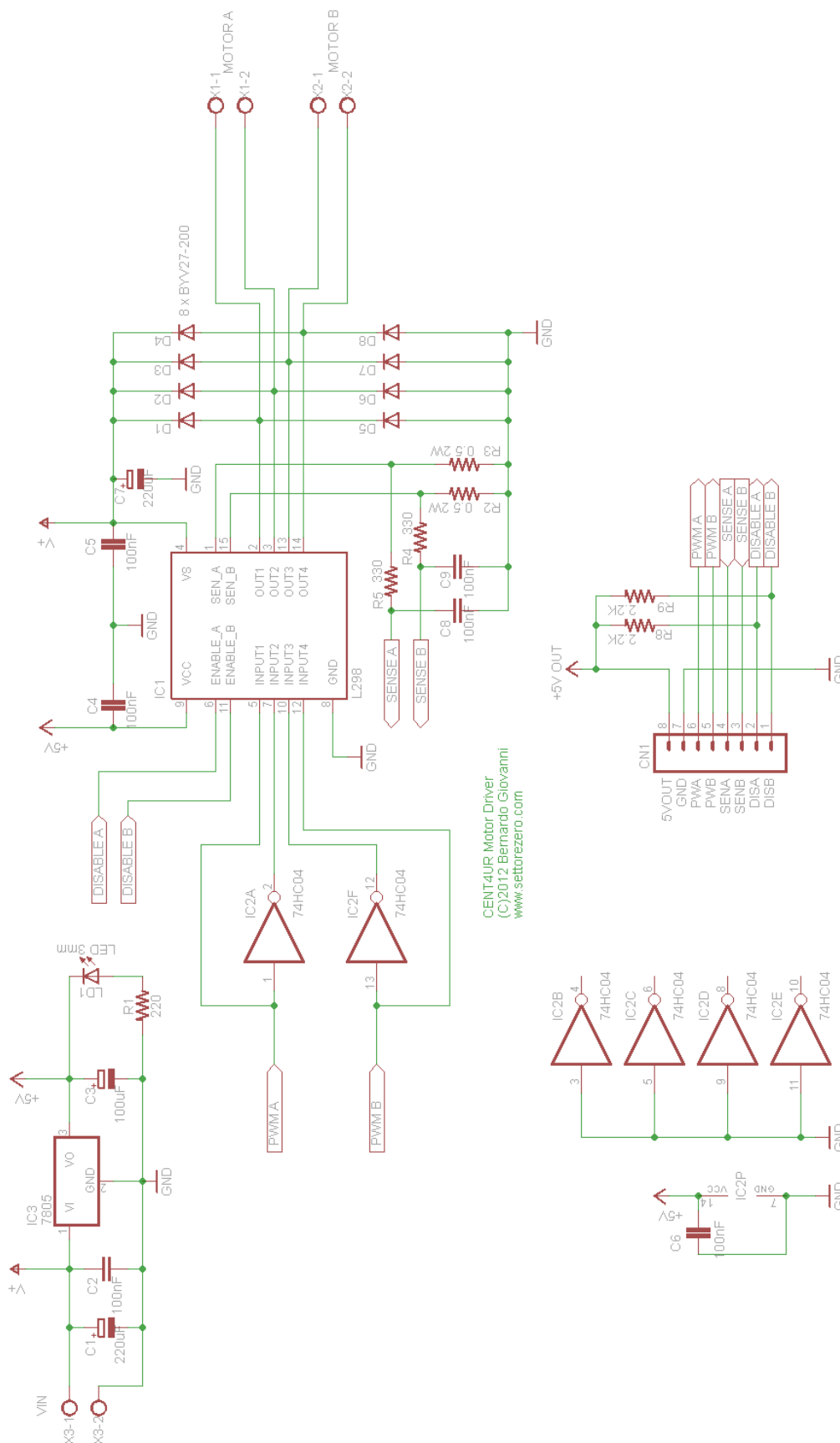
- PWA / PWB da collegare a uscite PWM
- SENA / SENB da collegare a ingressi analogici
- DISA / DISB da collegare a IO digitali configurati come ingressi ad alta impedenza 5V - tolerant. *Perchè ingressi?*

DISA e DISB sono tenuti normalmente a livello logico alto tramite resistenze di pullup, per cui su questi pin sono normalmente presenti 5V; per questioni di sicurezza è bene che gli IO a cui sono collegati siano configurati come ingressi. Quando è necessario disabilitare il ponte, configurare prima sul microcontrollore il latch di uscita del pin di controllo a livello logico basso e quindi successivamente impostare l'IO come uscita. Dato che su tali pin sono presenti 5V è quindi necessario che gli IO siano 5V-tolerant.

In alternativa, se non volete/potete configurare i pin come ingresso/uscita o usate una MCU a 3.3V che non ha pin 5V-tolerant è possibile rimuovere le resistenze di pullup (R8 e R9) e pilotare direttamente questi due pin sempre configurati come uscite.

Il collegamento di questi due ingressi può anche essere omesso se si è sicuri di non creare danni nel caso in cui i motori vadano in stallo e quindi non è nemmeno necessario controllare l'assorbimento di corrente.

Schema elettrico



Elenco componenti

R1	Resistenza 220Ω ¼W
R2	Resistenza 0.5Ω 2W
R3	Resistenza 0.5Ω 2W
R4	Resistenza 330Ω ¼W
R5	Resistenza 330Ω ¼W
R8	Resistenza 2.2KΩ ¼W
R9	Resistenza 2.2KΩ ¼W
C1	Condensatore elettrolitico 220µF 35V
C2	Condensatore ceramico multistrato 100nF (passo 2.5mm)
C3	Condensatore elettrolitico 100µF 25V
C4	Condensatore ceramico multistrato 100nF (passo 2.5mm)
C5	Condensatore ceramico multistrato 100nF (passo 2.5mm)
C6	Condensatore ceramico multistrato 100nF (passo 2.5mm)
C7	Condensatore elettrolitico 220µF 35V
C8	Condensatore ceramico multistrato 100nF (passo 2.5mm)
C9	Condensatore ceramico multistrato 100nF (passo 2.5mm)
D1÷D8	Diodo BYV27-200
LD1	Diodo LED 3mm
IC1	Circuito integrato L298N (montaggio verticale)
IC2	Circuito integrato 74HC04 o 74HC14
IC3	Regolatore di tensione 5V 7805
X1÷X3	Connettore a vite 2 vie (passo 5mm)
CN1	Strip maschio 8 pin

Elenco componenti riassuntivo

N° 1	Resistenza 220Ω	¼W
N° 2	Resistenze 330Ω	¼W
N° 2	Resistenze 2,2KΩ	¼W
N° 2	Resistenze 0,5Ω	2W
N° 2	Condensatori elettrolitici 220µF	35V
N° 1	Condensatore elettrolitico 100µF	25V
N° 6	Condensatore ceramico multistrato 100nF	(passo 2.5mm)
N° 8	Diodi BYV27-200	
N° 1	LED 3mm	
N° 1	74HC04 o 74HC14	
N° 1	L298 a montaggio verticale	
N° 1	7805	
N° 3	Connettori a vite a 2 vie	(passo 5mm)
N° 1	Strip maschio 8 pin	
N° 1	Zoccolo per IC a 14pin	(opzionale)
N° 1	Dissipatore per L298N	(se necessario)

Links

Pagina su L298N, con Datasheet, sul sito della ST Microelectronics:

<http://www.st.com/internet/analog/product/63147.jsp>

Tutorial PWM sul sito di Mauro Laurenti:

<http://www.laurtec.it/tutorial/elettronica-digitale/86-pwm-pulse-width-modulation>

Tutorial PWM sul sito di Giovanni Giannetti:

http://www.tmasi.com/robotica/pwmtut/PWMTut_H.htm

PWM su Wikipedia:

http://it.wikipedia.org/wiki/Modulazione_di_larghezza_di_impulso

Duty Cycle su Wikipedia:

http://it.wikipedia.org/wiki/Duty_cycle

Generare segnali PWM con il PIC10F322:

<http://www.settorezero.com/wordpress/demo-pic10f322-pwm-adc-interrupt-pic10f322-development-board/>