

informa@iwlaxr.eu

Questo articolo è stato pubblicato su....



L'hardware dei microcontrollori, ovvero l'interfaccia

Dispositivo fisico o virtuale che permette la comunicazione fra due o più entità di tipo diverso

di Daniele Cappa IW1AXR

Vediamo dunque di cosa stiamo parlando e le motivazioni di questo discorso. Da alcuni anni sono presenti sul mercato dei sistemi di sviluppo che utilizzano microcontrollori, alcuni economici, altri meno. Siano questi basati sulla famiglia PIC della Microchip, ST6 o su Amtel stile Arduino e derivati.

Chi intraprende lo studio di questi dispositivi ha spesso una discreta preparazione in merito alla programmazione accompagnata da una scarsa preparazione in merito alla parte elettronica che deve essere collegata all'esterno del dispositivo.

Le cose sono particolarmente evidenti semplicemente dando una occhiata ai vari forum disponibili su siti dedicati dove spesso vengono poste domande, o (peggio) proposte soluzioni da far rizzare i capelli (anche se sempre più radi) a chi come noi "giocano" con il saldatore da molti anni.

Desidero dunque affrontare questo tipo di discorso "dall'esterno", ovvero senza entrare in merito a un sistema o l'altro, dunque limitando le considerazioni del tipo "la porta X fornisce XX mA, dunque un LED lo pilota senza problemi". Partendo dal presupposto che sia sempre disponibile un segnale logico opportuno in grado di pilotare una porta CMOS, TTL come un vil transistor, fino ad estendere il discorso alle porte logiche vecchio stile, le citate CMOS o TTL.

Il nostro micro sarà quindi trattato qual è... una scatola nera dal quale fuoriescono, o entrano, segnali di tipo logico, "pin che vanno su e giù" come li definiscono alcuni testi. Tra le caratteristiche più interessanti di questi sistemi è la possibilità di dialogare con il mondo esterno. Ovvero acquisire informazioni e trasferire comandi.

Il passaggio dal processore all'esterno deve rispettare alcune caratteristiche fondamentali.

Non deve influire sul comando stesso, a meno che la cosa non sia voluta, e non deve recar danni al sistema.

Ovvero dobbiamo salvaguardare la salute del microcontrollore sia da eventi comuni come da eventi straordinari, senza escludere le nostre malefatte sotto forma di errori e disattenzione durante l'uso o l'assemblaggio.

Lo scopo non è di risparmiare qualche componente, ma di garantire, per quanto possibile, una lunga vita attiva al nostro progetto.

Entriamo dunque nel merito del nostro discorso.

I pin di uscita, ovvero i comandi verso l'esterno

Iniziamo con le uscite che forniscono un output di tipo logico, ovvero due soli livelli, tutto o niente, uno o zero, alto o basso. Le diverse definizioni coincidono,

ovvero descrivono la stessa situazione, la presenza o meno di una tensione di uscita tipicamente a livello TTL, zero volt per il livello basso, zero (0), low e 5 V per il livello alto, uno (1), High. In ognuna delle due situazioni è disponibile una moderata quantità di corrente che confideremo pari ad alcuni mA, anche se in certe situazioni è possibile che il pin interessato ne possa fornire "da solo" qualche decina.

Da notare che anche il pin a livello zero è un grado di fornire corrente... se il carico è collegato tra l'alimentazione positiva e il pin stesso.

Spieghiamoci meglio. Colleghiamo un LED, con la sua resistenza di limitazione, direttamente a un pin di uscita. Non vogliamo caricare l'uscita del micro, dunque useremo un LED piccolo, rosso, e una resistenza piuttosto alta 1000 ohm. Il LED si accenderà emettendo poca luce, ma per verificarne lo stato può essere una indicazione sufficiente.

Se colleghiamo il LED tra l'uscita e massa questo sarà acceso quando il pin è a livello alto, se lo colleghiamo tra il positivo e il pin di uscita il LED sarà acceso quando il pin è a livello basso. Certo, è una osservazione banale, ma lo scopo di queste righe è di far chiarezza su concetti fondamentali, preferendo sconfinare nell'ovvio piuttosto che non chiarire un concetto che potreb-

be non essere così chiaro ed evidente per tutti. Questo tipo di collegamento è dunque il nostro punto di partenza.

Chiariamo però un concetto importante: il LED funziona a corrente costante, non tensione. Cosa significa? Dal nostro punto di vista significa che se colleghiamo un semplice LED all'uscita di qualchecosa, di cui non conosciamo a priori le specifiche precise, abbiamo due possibilità:

- bruciare il LED
- bruciare l'uscita del qualche cosa

Non è una tragedia... sia di LED come del nostro qualche cosa se ne producono ancora!

La corrente che scorre nel LED va limitata con una resistenza che si calcola partendo dalla tensione disponibile, togliendo la tensione tipica del LED (1,5V per un LED rosso, 1,8 per LED verde e giallo, 3 – 3,5V per LED blu e bianchi e dividendo il tutto per la corrente che vogliamo fornire al LED, secondo i dettami della Legge di Ohm...

Dunque... 5V dal pin di uscita, 1,5V richiesti dal LED rosso, 10 mA la corrente...

$R = (5 - 1,4) / 0,01 = 350 \Omega$, valore inesistente ovviamente, quindi 390, oppure 330 Ω , perché questa chiacchierata così terra-terra?? Perché su libri... "famosi" si leggono cose che non si dovrebbero leggere del tipo 10 mA nel LED, 5V di alimentazione, 5 diviso 0,01 uguale 250 Ω . Del fatto che 250 non sia un valore commerciale e che non si sia tenuto in minimo conto il tipo di LED all'autore poco importa, anche se il tutto continua a funzionare siamo davanti a un errore di principio, uno di quelli che (molti anni fa) a qualsiasi insegnante di elettronica non sarebbe certo sfuggito e su cui non avrebbe avuto dubbi circa la preparazione dell'allievo.

Per fortuna praticamente tutti i sistemi di sviluppo recenti sono ben protetti nei confronti delle malefatte dell'utente in erba, dunque anche un corto su una uscita potrebbe non fare danni... Notiamo... "potrebbe" non fare danni.

Il nostro discorso segue il principio che è meglio un componente in più, che apparentemente serve a poco, che uno in meno dalla cui mancanza potrebbero nascere problemi. Il nostro scopo è raggiungere un alto grado di affidabilità, il nostro progetto dovrebbe funzionare per vent'anni senza alcun intervento. Non è una cosa impossibile, anzi, basta ragionare con l'obbiettivo di far le cose bene, non che costino poco e velocemente, come farebbe un produttore orientale.

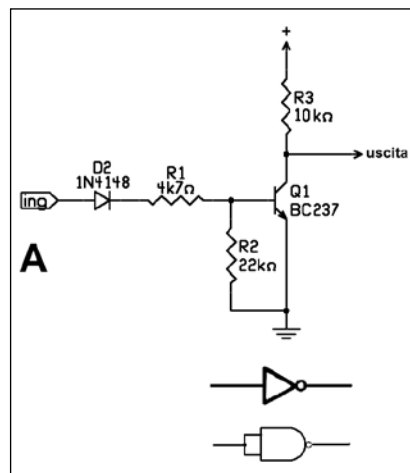
Torniamo a noi!

A questo punto è necessario ricorrere a semplici schemi elettrici. Per uniformare gli schemi dobbiamo tenere a mente alcune semplici cose:

La nostra scatola nera, il micro, sarà sempre a sinistra, mentre il mondo esterno sarà a destra. L'alimentazione positiva sarà in alto, mentre la massa, coincidente con il negativo dell'alimentazione, sarà in basso.

Alcuni schemi sono elettricamente equivalenti a porte logiche da cui possono essere sostituite e che possono sostituire. Parti degli schemi che vedremo saranno utilizzati più volte semplicemente ricopiandoli paripari, o quasi.

Nello **schema A** abbiamo un inverter a transistor. Il suo scopo è capovolgere il segnale logico presente in ingresso. Se l'ingresso è a livello alto l'uscita sarà a livello basso. Se l'ingresso è a livello basso, l'uscita sarà a livello alto.



In basso sono visibili due porte logiche, un NOT nativo, ad esempio contenuto in un SN74LS04, SN74LS14 come in un CD4069, e un NOT costruito intorno a una porta NAND (funziona anche con una porta NOR) unendo insieme tutti gli ingressi.

Operando con dispositivi a basso consumo è controproducente utilizzare logiche di tipo LS, S, ecc, meglio rivolgersi alla serie 74HCxx, quindi 74HC04, 74HC14, ecc, o direttamente porta CMOS della serie 4000.

La stessa operazione è evidentemente attuabile a livello software direttamente sul micro, ma lo scopo di questo schema potrebbe essere un altro.

Come funziona questo semplice schema? Capirlo è importante perché ci permetterà di gestire in modo autonomo tutti gli schemi che seguiranno.

Il transistor è un NPN, dunque la base deve essere positiva rispetto a massa, la R1 limita la corrente di base, evitando la distruzione del dispositivo.

Stiamo lavorando lontano dalla zona attiva, il transistor non lavora per amplificare, ma come interruttore. Si apre se non c'è corrente di base e si chiude se ha corrente di base.

Quanto deve essere la corrente di base??

Per sapere le caratteristiche di un componente è sempre bene consultare il datasheet, ovvero i dati forniti dal costruttore, servizio splendidamente fornito da www.alldatasheet.com.

Il nostro scopo è portare in saturazione il transistor senza distruggerlo. Ammettiamo di avere 5V in ingresso. La tensione tra base e emettitore è pari a 0,6V, come per praticamente tutti i transistor al silicio, dunque la resistenza di base R1 dovrà limitare la corrente di base partendo da una tensione di 4,4V (5 – 0,6). Se ipotizziamo 1 mA in base otteniamo (4,4 / 0,001) 4400 Ω .

In realtà qualsiasi valore tra 1 e 10k Ω porterà il transistor in saturazione. Se il transistor guadagna di più possiamo utilizzare valori più alti, se guadagna meno dobbiamo tenerci vicini a valori

più bassi. Anche la corrente che scorre nel collettore è importante, è vincolata dalla corrente di base dal parametro "hfe", reperibile sul datasheet. In regime di saturazione è bene tenere la corrente di base molto più alta dello stretto necessario, anche perché il parametro hfe è valido per la zona attiva del transistor, ovvero quando questo è impiegato come amplificatore. In regime di saturazione il transistor non è in grado di effettuare alcuna limitazione nei confronti della corrente che scorre tra collettore ed emettitore. Se la nostra fonte di alimentazione è in grado di fornire 10 A e noi abbiamo la brillante idea di collegare il positivo al collettore e l'emettitore al negativo tutta la corrente disponibile scorrerà nel transistor che avrà ben poca possibilità di sopravvivere all'evento.

Dunque se il nostro transistor è un BC337 da cui è possibile prelevare dal collettore fino a 800 mA e il cui guadagno si attesta su 300, per prelevare 200 mA dobbiamo fornire in base più di $(200 / 300 = 0.66 \text{ mA})$. Dunque il nostro singolo mA del calcolo precedente è ancora corretto, anche se abbasserei la resistenza di base almeno fino a 2200 ohm.

Sì, ma gli altri componenti a cosa servono??

Il diodo di ingresso D2 protegge l'uscita del micro da tensioni inverse. Se l'alimentazione dello stadio successivo dovesse essere superiore ai canonici 5V, ad esempio l'alimentazione di un relè (lo vedremo tra poco) a 24V, la distruzione della giunzione base - collettore del transistor porterebbe i 24V sull'uscita del microcontrollore con risultati catastrofici per il medesimo.

Se l'alimentazione coincide con quella del micro il diodo è inutile e lo si può eliminare.

La resistenza R2 non serve a nulla. Meglio, non influisce sul funzionamento dello stadio, il suo compito è di tenere a basso livello la base del transistor (pulldown). Se lo stadio è montato lontano dal micro, o lontano dallo stadio che lo precede, l'interruzione del collegamento tra la

resistenza di base R1 e l'uscita del micro, o dello stadio precedente, porterebbe ad avere la base scollegata. Se la connessione non è breve o se è immersa in un ambiente elettricamente rumoroso potrebbero verificarsi commutazioni non prevedibili. Si tratta di una possibilità remota, ma una resistenza costa poco, dunque...

Passiamo quindi allo **schema B**.

Come è evidente è quasi una fotocopia del primo, il suo compito è pilotare un LED che si accenderà quando all'ingresso è presente il livello logico alto. Si comporta come il precedente, il livello alto in base porta ad avere uno zero sul collettore, dunque collettore a massa. Il LED è collegato tra il positivo e la massa portata dal collettore e ovviamente si accende. Questo ci porta allo **schema C**. Abbiamo sostituito il gruppo LED - resistenza con un relè che si ecciterà con le stesse modalità con cui si accendeva il LED nello schema precedente.

Abbiamo un diodo in più, si tratta di un componente indispensabile in questo tipo di comando. Nel momento in cui cessa il comando all'ingresso alla bobina del relè manca l'alimentazione, in questo istante la bobina genera un picco di tensione con polarità opposta alla tensione di alimentazione, dunque con il positivo verso il collettore del transistor. Questa tensione può essere molto alta fino a "sentirla" con il dito, raggiungendo livelli di tensione sufficienti a distruggere il transistor.

Il diodo montato con polarità in-

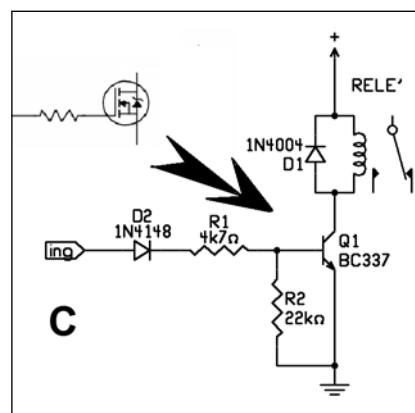
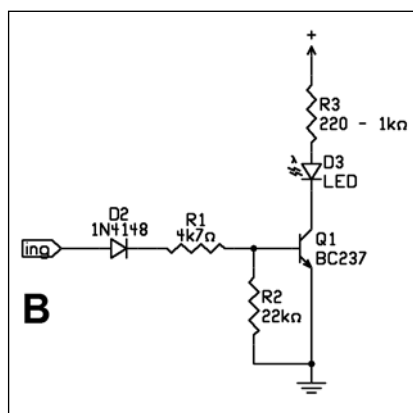
vertita rispetto all'alimentazione della bobina cortocircuitata questa tensione, salvando la giunzione del povero transistor senza intervenire in alcun modo nel funzionamento del tutto

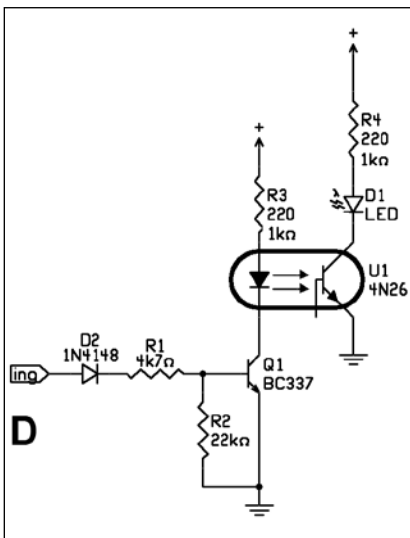
Con un relè possiamo comandare più o meno cosa ci pare, pompe, caldaie, ventilatori... Qualsiasi carico che si possa accendere e spegnere con un interruttore, sia questo alimentato a bassa tensione come direttamente alla tensione di rete.

In realtà, per carichi importanti a bassa tensione, possiamo sostituire il transistor e relè con un MOSFET. Nella sostituzione abbiamo alcuni vantaggi, il MOSFET "commuta meglio" o meglio... la resistenza del componente quando è chiuso è molto più bassa che nel transistor, si arriva fino a frazioni di ohm... alcuni milliohm, il gate non assorbe corrente... tutto perfetto!!

No, ovviamente no. Il MOSFET è adatto per comandare carichi importanti a bassa tensione a patto che le commutazioni siano poche. In MOSFET di potenza la capacità di gate verso massa fa sì che la commutazione non sia immediata, il passaggio dallo stato di interdizione a quello di saturazione, meglio... lo stato da canale chiuso a canale aperto avviene gradatamente, dato che prima deve caricarsi il condensatore parassita tra gate e massa. In queste condizioni il canale non ha ancora raggiunto lo stato finale, ed è in questa situazione che la dissipazione aumenta.

Vediamo un attimo i valori delle resistenze, la resistenza verso massa conserva la funzione che





aveva nello schema precedente, dobbiamo prestare attenzione al partitore che forma con la sua compagna, quella che nel transistor limita la corrente di base nel MOSFET è inutile... si limita a limitare (!) la corrente di carica del condensatore parassita tra gate e massa. Dunque su MOSFET da commutazione di bassa potenza, il classico 2N7000 per capirsi può assumere valori di 47kohm, mentre per MOSFET di potenza che devono pilotare carichi a bassa tensione, con un alto assorbimento di corrente, in cui è importante rendere la commutazione più veloce possibile si scende fino a valori molto bassi, centinaia di ohm. In tutti gli esempi che seguono è possibile sostituire il transistor con un MOSFET,

adeguando lo schema al nuovo componente ovviamente. Come tutte le caratteristiche anche la capacità di gate è rilevabile dal datasheet, dunque se desideriamo impiegare un MOSFET in un comando che richiede molte commutazioni è necessario scegliere un esemplare in cui la capacità parassita del gate sia molto bassa.

Passiamo ora a considerare la separazione completa tra il circuito da comandare e il nostro micro.

Il relè offre una evidente separazione tra il circuito di comando e il circuito da comandare, esistono tuttavia altri dispositivi che assolvono questo scopo.

Un fotoaccoppiatore è in pratica un LED, di solito infrarosso, e un fototransistor accoppiati dal punto di vista ottico. Un contenitore, di solito a 6 o 8 pin DIL, che contiene LED e transistor. Il LED illumina il fototransistor e questo conduce.

I due circuiti di ingresso e di uscita sono fisicamente separati con un isolamento che spesso supera i 1000V arrivando senza problemi a 5 - 6 kV

Siamo sugli esempi illustrati negli **schemi D, E e F**.

I primi due esempi sono ovviamente inutili, non ha senso accendere un LED con un fotoac-

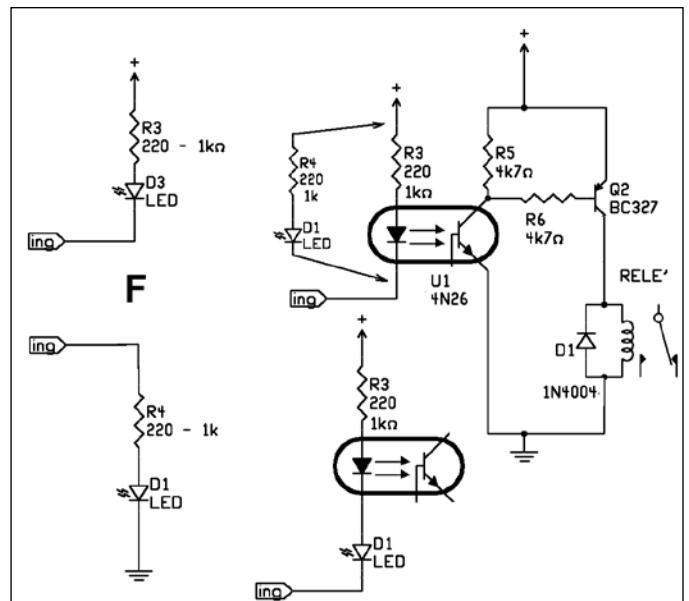
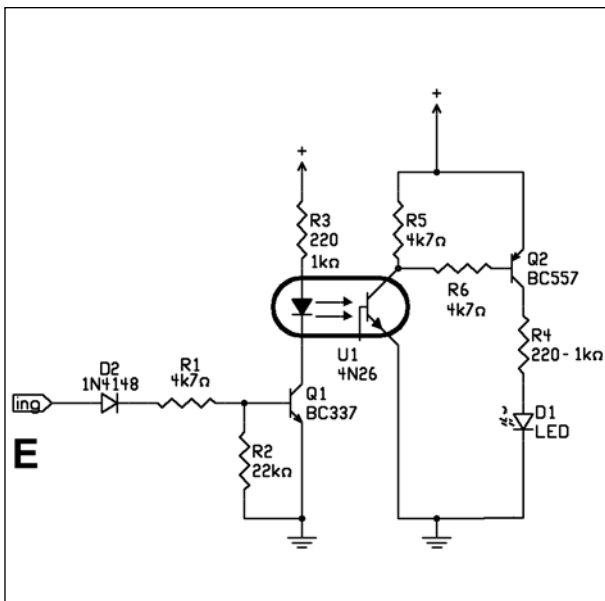
coppiatore, la versione F equivale allo schema B, mentre eccita un relè, anche questo serve a poco, il relè offre da solo la separazione galvanica necessaria.

In questi ultimi due esempi è comparso un transistor PNP, il suo uso va valutato con attenzione.

Il riferimento di tensione del transistor è l'emettitore, ovvero in un NPN la base è polarizzata direttamente quando è positiva rispetto all'emettitore (come minimo dei soliti 0,6V). In un PNP la base deve essere negativa rispetto all'emettitore...

Se avessimo usato un PNP nell'esempio C, ponendo il relè tra il collettore e massa, e emettitore al positivo ci troveremmo con il relè sempre eccitato, indipendentemente dal fatto che in base ci sia uno zero o un uno. Il motivo è semplice, stiamo alimentando la parte a destra con una tensione maggiore rispetto ai 5V del micro, dunque qualsiasi sia lo stato dell'uscita del micro la base del transistor è sempre a potenziale negativo rispetto al suo emettitore. Il circuito funziona solo se la parte a destra ha la stessa alimentazione del micro. E anche in questo caso è necessario verificare che l'uscita del micro sia realmente molto vicina alla tensione di alimentazione. Il diodo in base va ovviamente rimosso.

Il vantaggio dell'esempio dello **schema F** è nel fatto che il se-



gnale non viene capovolto, ovvero quando l'uscita del micro è a uno il relè è eccitato.

Vediamolo nel dettaglio, tanto per ripassare quanto esposto.

L'uscita del micro polarizza la base di Q1, il LED del fotoaccoppiatore si accende e il transistor del medesimo conduce, questo porta a zero il collettore del transistor interno al fotoaccoppiatore che porta a massa la resistenza di base di Q2 (il PNP) che conduce anche lui... il relè si eccita.

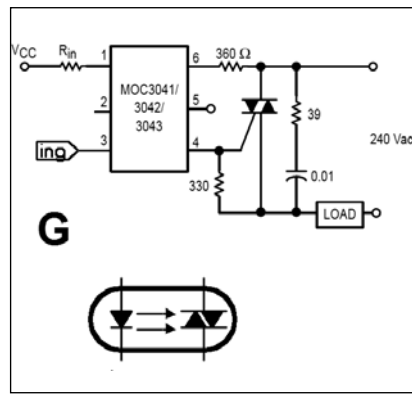
Non sempre è possibile modificare il contenuto del micro che stiamo usando, dunque potremmo trovarci nella necessità di effettuare delle modifiche hardware che potrebbero essere vantaggiosamente effettuate via software in sede di programmazione del firmware del nostro micro. Sempre nello schema F vediamo altre possibilità di collegamento del circuito. Il LED del fotoaccoppiatore viene alimentato direttamente dal micro utilizzando l'uscita a livello uno o a livello zero, capovolgendo di fatto lo stato del relè in uscita.

Per quanto gli ultimi esempi citati abbiano poca utilità pratica ci hanno introdotto all'uso di transistor PNP.

Torniamo al nostro fotoaccoppiatore, in questi esempi è indispensabile che i due circuiti siano separati, dunque le alimentazioni positive, come le due masse devono essere distinte e separate. Utilizzare la massa in comune non ne pregiudica il funzionamento, ma rende inutile l'isolamento offerto dal fotoaccoppiatore.

Con lo **schema G** le cose cambiano. Lo schema deriva da un datasheet, ed è solo un esempio. Il componente al centro è un fototriac, ovvero un fotoaccoppiatore la cui uscita è un triac, non un transistor. Lo scopo è comandare un altro triac di potenza e a sua volta un carico a tensione di rete.

Triac e scr fanno parte della famiglia dei diodi controllati e funzionano solamente in alternata. Lo schema **G** non è in grado di funzionare se l'alimentazione a



destra è in corrente continua. Per contro un triac in un comune contenitore TO220 può tranquillamente controllare carichi il cui consumo raggiunge, e supera il chilowatt di potenza.

Spendiamo ancora due parole sui fotoaccoppiatori: il diodo LED al loro interno è solitamente di tipo infrarosso, funziona con una tensione intorno a 1,5V, la corrente va limitata a 10mA massimi, come un comune LED rosso. I dati sono verificabili, e devono essere verificati, sul datasheet.

Dunque in tutti gli schemi in cui compare un fotoaccoppiatore è possibile inserire in serie al LED interno al fotoaccoppiatore un LED esterno di colore rosso, utile per visualizzare lo stato del comando.

Se l'alimentazione è diretta dal micro sicuramente saranno disponibili almeno i canonici 5V, il che ci porta ad una resistenza di limitazione pari a 220 ohm. Attenzione... non è possibile utilizzare un LED di colore diverso, nello specifico un LED blu o un LED bianco potrebbe di fatto impedire il funzionamento del tutto. La caduta sulla giunzione di questi LED è infatti pari 3 - 3,3 V che sommati all'1,5 V del LED IR del fotoaccoppiatore, vanno troppo vicini ai canonici 5V disponibili.

Attenzione, se stiamo utilizzando micro funzionanti a 3,3 V... in questo caso è opportuno inserire in parallelo al LED IR un altro LED rosso impiegando una resistenza di limitazione per ogni LED.

La visualizzazione dello stato della porta non è indispensabile, a volte non è neppure utile, se non in fase di verifica del progetto. E'

sempre necessario valutare la tensione e la corrente disponibile: nel caso si avessero dubbi l'uso di un transistor, come abbiamo visto nei primi schemi, risolve alla radice il problema.

Un'idea... il fotoaccoppiatore sarà quasi certamente montato su zoccolo, durante le prove basta estrarlo e inserire in corrispondenza dei pin del LED interno del fotoaccoppiatore, che abbiamo appena rimosso, un LED rosso che ci farà vedere il corretto funzionamento del comando.

Non perdiamo di vista lo scopo

Durante la realizzazione di un progetto abbiamo la possibilità di decidere come portarlo a termine. Valuteremo come avverrà il suo uso, in quale situazione e in quale ambiente.

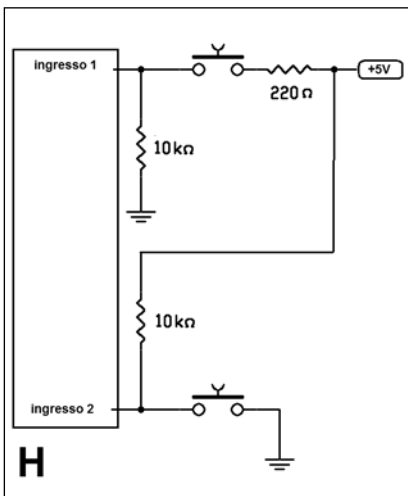
L'alimentazione viene fornita da delle pile o dalla rete con opportuno alimentatore? Il consumo di corrente è importante nel primo caso, meno determinante nel secondo. Il nostro progetto deve impiegare un micro oppure lo stesso risultato lo si può ottenere impiegando logica discreta?

Certo, oggi esistono piastre con micro e componenti di contorno "tutto a bordo" a pochi euro, ma si rimane vincolati al micro che va acquistato e programmato. Un guasto tra dieci anni che richieda la sostituzione del medesimo sarà affrontabile?

Passiamo ora agli ingressi

Abbiamo visto come affrontare le uscite, ovvero come comandare con un segnale digitale qualcosa all'esterno, sia a bassa come ad alta tensione, vediamo ora come utilizzare segnali provenienti dal mondo esterno verso la nostra scatola nera. Se il segnale proviene da un sensore alimentato internamente dalla nostra scheda non esistono problemi, se non provvedere a cavi adeguati, schermati e di diametro opportuno, se questi sono lunghi.

Se il segnale proviene dal mondo



esterno, e non si tratta di un semplice interruttore/pulsante/microSW è tassativo l'impiego di un fotoaccoppiatore.

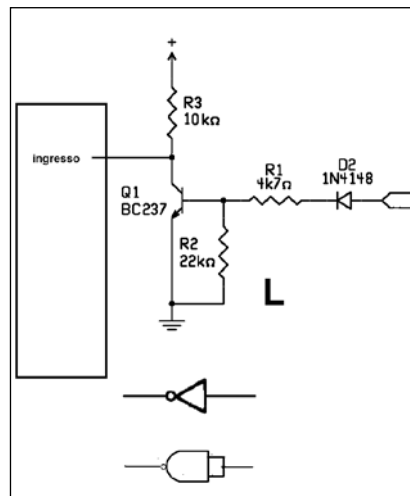
Anche impiegando un semplice pulsante dobbiamo sempre considerare che il nostro micro desidera avere in ingresso stati logici stabili, senza incertezze.

Vediamo dunque cosa significa, dalla **schema H** eliminiamo le due resistenze da 10k. Quando il pulsante è premuto l'ingresso 1 passa a livello logico alto, mentre l'ingresso due passa a livello basso, a parte rimbalzi meccanici dei pulsanti, questa è una situazione stabile. Ma quando i pulsanti non sono premuti i rispettivi ingressi vagano nel limbo dell'indecisione... meglio dell'incertezza.

Un ingresso digitale va sempre tenuto a valore logico stabile, l'operazione viene attuata con una semplice resistenza di pullup (o di pulldown se verso massa). Letteralmente "spingi su" o "spingi giù", è semplicemente una resistenza di valore elevato, ma non troppo, che porta il pin a livello alto (pullup) o a livello basso (pulldown). Quando il pulsante viene premuto l'ingresso cambia stato logico.

Notare la resistenza in alto, quella tra il positivo e il pulsante... è inutile... o quasi.

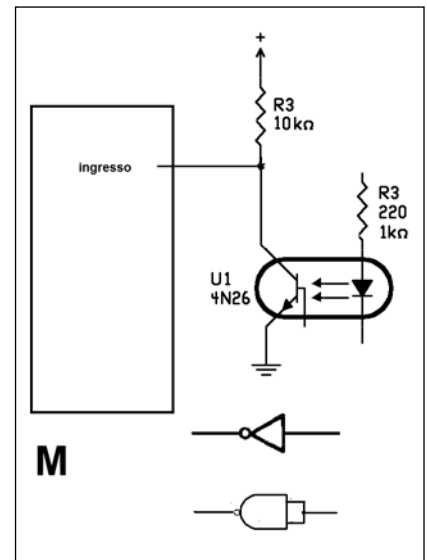
La sua ragione di esistere è nella protezione della porta, se malauguratamente il pin ingresso 1 viene accidentalmente settato come uscita, e questa è a zero... quanto premiamo il pulsante si ha un



bel cortocircuito che probabilmente porterà alla distruzione della porta del chipino. Si tratta dunque di una precauzione inutile se l'oggetto è definitivo, assolutamente necessaria durante le prove, periodo in cui può succedere di tutto.

Abbiamo dunque deciso che ogni pin va tenuto a un livello logico opportuno e certo. A questo punto possiamo capovolgere gli schemi già visti e ottenere altrettanti possibili stadi di ingresso. Andiamo con ordine.

Lo **schema L** rappresenta un transistor collegato all'ingresso del nostro ipotetico micro, si tratta dello schema già visto in A... è stato semplicemente capovolto. La resistenza di collettore R3 si occupa di tenere alto l'ingresso quando il transistor è interdetto (ovvero non è in conduzione). Quando il transistor passa in saturazione porta l'ingresso del micro a livello zero. Attenzione però... questo succede quando riceve corrente in base, dunque



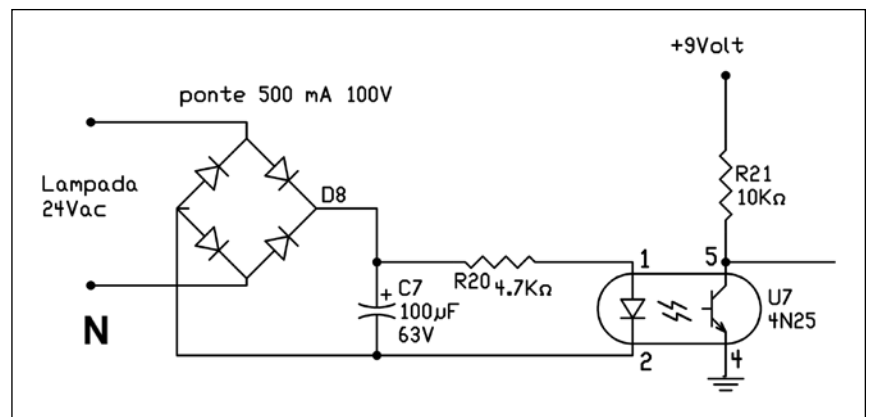
l'uscita del transistor è a zero (quindi anche l'ingresso del micro) quando il suo ingresso è a uno. Viceversa se la base è a zero in collettore avremo uno. Il circuito è dunque un inverter.

Lo schema seguente ha la stessa funzione, attuata con un fotoaccoppiatore che isola l'ingresso del micro da quello esterno. Non sono stati riportati i valori e il comando del LED... dopo queste pagine dovrebbe essere chiaro come collegarlo.

Saliamo di quota

... e ipotizziamo di voler controllare la presenza o meno di una tensione alternata, limitiamoci per ora a 24V. Lo **schema N** proviene da un vecchio progetto, l'uscita era collegata e un inverter CMOS e il tutto sta funzionando da una dozzina di anni.

La tensione presente all'ingresso



proviene da una lampada, che può essere accesa oppure spenta e il cui comando non dipenda da noi. La corrente è raddrizzata dal ponte a diodi. I LED mal sopportano alte tensioni inverse, pur essendo diodi la tensione inversa massima è di solito pari a pochissimi volt. Poteva bastare un solo diodo, ma all'epoca non avevo voluto risparmiare. Il condensatore elettrolitico livella la tensione ora continua e la resistenza da $4700\ \Omega$ limita la corrente al LED contenuto nel fotoaccoppiatore. Il sistema funziona anche per tensioni più alte, è possibile rilevare la presenza della tensione di rete utilizzando praticamente lo stesso schema preceduto da un condensatore di caduta. Il sistema, pur funzionando perfettamente, è pericoloso dato che non esiste alcun isolamento tra la parte a sinistra, ora connessa alla rete elettrica e la parte di ingresso del fotoaccoppiatore. Per questo non porterò avanti questa possibilità, chi è in grado di svilupparla autonomamente non avrà certo problemi a calcolare il valore di un condensatore.

Del resto per rilevare la tensione di rete basta un normalissimo trasformatore, anche recuperato da un vecchio caricabatterie di uno dei tanti ex-cellulari che ci sono passati per le mani... Premesse le normali attenzioni rispetto al collegamento in rete, la parte successiva è già a bassa tensione, dunque non dovrebbe più rappresentare un problema.

Rimanendo sull'elettromeccanico anche un comune relè assolve allo scopo, il neo di questa soluzione è il relè che rimane sempre eccitato e solamente nel momento in cui manca la tensione da controllare si diseccita; un inne-

gabibile spreco di energia, ci sono soluzioni più vantaggiose, ad esempio, nuovamente, un fotoaccoppiatore.

A questo proposito vediamo un attimo un aspetto del collegamento di una porta TTL, quindi compatibile agli ingressi di un microcontrollore, rispetto al mondo esterno.

Abbiamo visto come ricevere comandi dall'esterno, ma fino ad ora abbiamo avuto a che fare con pulsanti, transistor, ecc in cui la parte verso il controllore faceva parte della sua famiglia... ovvero si tratta sempre di oggetti alimentati insieme a lui, dunque ai canonici 5V. Ovviamente non sempre è così.

Certo, un transistor potrebbe avere il collettore alimentato insieme al micro e la base che preleva il segnale da un altro apparecchio, anche alimentato a tensione diversa, basta che la massa sia in comune. Però il transistor, come il fotoaccoppiatore capovolge il segnale, lo nega, se in base abbiamo un uno in collettore avremo uno zero.

Come possiamo utilizzare un segnale a tensione più alta per comandare un micro senza complicarci troppo la vita? Con un normalissimo zener.

Il sistema non è tra i più ortodossi e non è privo di difetti, ma per segnali "lenti" ovvero le cui commutazioni tra i due stati non sono veloci potrebbe andare decentemente bene.

Lo vediamo ridotto all'osso nello **schema P**. Lo zener dovrà avere un valore compatibile con l'ingresso del micro, dunque 5V, che potrebbero essere 4,7 come 5,1V, la potenza non è importante, ma dobbiamo metterci al riparo da possibili guasti, dunque è meglio

abbondare un pochino.

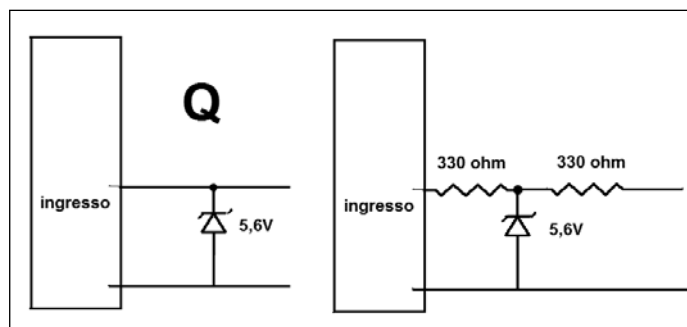
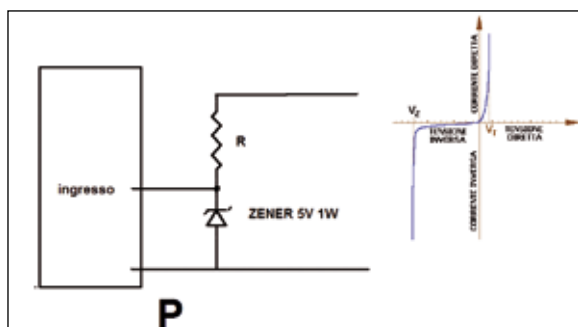
La resistenza R andrà calcolata come al solito... ipotizzando una tensione di ingresso pari a 24V, sulla resistenza dovranno cadere 19V ($24 - 5$) con la corrente prevista dallo zener, ipotizziamo 20 mA che ci portano a una R da $950\ \Omega$ ($19 / 0.02$) arrotondati a 1k. La resistenza dovrà dissipare meno di 400 mW (19×0.02), dunque una normale resistenza da $1/2W$ è perfetta.

Perché ho definito questo sistema "poco ortodosso"? La ragione è nella necessità di una notevole quantità di corrente necessaria a far funzionare lo zener.

Riferendoci sempre allo schema P, vediamo a destra la caratteristica tensione corrente di uno zener (l'immagine proviene dalla rete). Lo zener funziona nel terzo quadrante, quello in basso a sinistra. Il primo in alto a destra è assimilabile a un comune diodo. Lo zener è ottenuto con un drogaggio estremo della giunzione PN volta ad abbassare la posizione del "ginocchio". Si tratta della zona in cui il diodo polarizzato inversamente inizia a condurre. In un diodo normale, il nostro buon vecchio 1N4007, la posizione del ginocchio è a 800 - 1000 V. Nello zener è molto più bassa, fino a tre soli volt.

Quando la tensione inversa supera il "ginocchio" il diodo conduce, inizia con pochissima corrente, poi questa aumenta e ne giro di pochi istanti diventa incontrollabile fino alla distruzione del diodo. Per questo lo zener riceve alimentazione limitata da una resistenza.

Nel terzo quadrante della caratteristica citata vediamo che la linea è quasi verticale, ovvero da una modesta variazione di ten-



sione fa capo una elevata variazione di corrente. E' questa caratteristica che fa dello zener uno stabilizzatore di tensione.

Per funzionare lo zener ha necessita' di avere una adeguata disponibilita' di corrente, se a un normalissimo transistor per condurre bastano pochi microampere allo zener necessitano alcuni milliampere.

Questo non ci impedisce di usare uno zener come protezione. Se poniamo in parallelo all'ingresso di un micro uno zener con una tensione nominale appena piú alta del livello uno TTL, quindi 5,6V, otteniamo una efficace protezione della porta di ingresso del micro.

La tensione che ci si aspetta è ovviamente 5V, dunque lo zener non interviene, rimane lì buono-buono senza fare assolutamente nulla. Nel momento in cui, per qualche accidente, la tensione all'ingresso inizia a salire lo zener inizia a condurre, e dato che non ha la resistenza di limitazione della corrente in breve tempo passa a miglior vita. Quasi certamente andrà in corto chiudendo a massa l'ingresso del micro che non *dovrebbe* aver subito danni. E' evidente che una sequenza di eventi come quella che abbiamo appena visto porta comunque al guasto dell'apparecchiatura, ma il micro lo abbiamo salvato.

E' evidente che un sistema di protezione che salvi capra e cavoli, ovvero micro e zener sarebbe piú elegante. Possiamo mettere un paio di paletti, ovvero qualche premessa che ci salva da alcuni accidenti.

Passiamo allo **schema Q**, a sinistra vediamo il diodo zener collegato direttamente all'ingresso del micro, a sinistra abbiamo aggiunto due resistenze.

Consideriamo alcuni aspetti.

Gli ingressi del micro sono di tipo CMOS, dunque ad alta impedenza, tipicamente alcuni megaohm, consideriamola piú bassa, molto piú bassa.. Alcune decine di kohm, tanto per metterci in salvo da fattori che potremmo anche non conoscere.

La tensione da cui vogliamo proteggere il micro potrebbe essere

letale per il medesimo, ma non altissima, 24V

Preferiamo non cambiare lo zener ogni 10 minuti...

Limitiamo la corrente allo zener inserendo una resistenza di limitazione, quella a sinistra, e un'altra identica verso il micro, serve a poco, ma...

Se all'ingresso ci sono i canonici 5V lo zener non conduce, ovvero siamo prima del ginocchio del terzo quadrante della caratteristica. Le due resistenze sono in serie e introducono una lieve caduta di tensione sull'ingresso del micro, se l'ingresso è visto con una impedenza di... 50 kohm (valore ipotetico e assolutamente casuale) ogni kohm introdurrà una caduta di 0,1V, 660 ohm (330 + 330) provocheranno una caduta di 70 mV scarsi. Calcolo spannometrico, ma ragionevole. Il nostro micro considera a livello alto una tensione sicuramente inferiore, 4 V sono sicuramente ancora considerati un "uno".

Questi valori di tensione sono forniti dal datasheet, una comune porta TTL della serie 74HCxx considera come valore logico basso una tensione compresa tra 0 e 1,35V e valore logico alto una tensione superiore a 3,15V. I valori intermedi portano ad uno stato di incertezza della porta, ovvero lo stesso valore di tensione ora potrebbe essere considerato basso e ora alto, cambiando anche tra una porta e un'altra apparentemente identica.

Le condizioni in cui ci si potrebbe avvicinare ai valori limite sono da evitare nel modo piú assoluto, dato che portano a risultati non prevedibili, meglio impiegare un componente in piú che rischiare un problema di questo tipo.

Se si ha a che fare con valori di tensione che potrebbero essere mal interpretati dal micro, possiamo ricorrere all'analogico... nei panni di un vil transistor. Lo **schema L** infatti, oltre a capovolgere il segnale logico, risolve il problema delle incertezze... se eliminiamo il diodo in base una tensione appena superiore al volt è in grado di far commutare il transistor.

... se il segnale è analogico??

E molto piú difficile valutare le condizioni di un segnale "non digitale", l'ingresso potrebbe essere l'uscita di un sensore, dunque (se dedicato alla piattaforma in uso, già compatibile con il livello corretto, oppure di altra provenienza.

Potrebbe essere necessario adattarne il livello, con un operazione ad esempio.

Potrebbe essere un segnale di tipo audio, di cui sarà necessario verificare l'impedenza e il livello della sorgente, eventualmente attenuarlo, o amplificarlo.

In questo settore è davvero difficile buttar giù due righe (!) ad uso del principiante.

Ricordiamoci dunque alcune semplici regole di base:

Il segnale deve essere protetto, quindi utilizzare sempre cavi schermati dotati di connettori adatti al cavo e alle caratteristiche del segnale che questo deve trasportare.

Verificare che la sorgente del segnale non sia "caricata" dal nostro utilizzatore. Un segnale di alcuni volt fornito da un sistema avente una impedenza di 10 k Ω praticamente sparisce se viene collegato a un utilizzatore con impedenza caratteristica di 50 Ω . Anche qui è necessario provvedere in merito, probabilmente un semplice amplificatore a transistor a emettitore comune può risolvere il problema.

Conclusioni

In queste pagine abbiamo visto alcuni aspetti delle interfacce verso il mondo esterno del nostro generico dispositivo. Non ho certo la presunzione di avere toccato tutti gli aspetti dell'argomento, lo scopo era fornire una base pratica a chi è a digiuno dell'argomento fornendo idee e spunti per realizzare quanto ci serve, o ci servirà, per l'obiettivo di proteggere la nostra scatola nera dalle nostre malefatte e dai possibili accidenti che potrebbero trovarsi all'esterno.

