



Questo articolo è stato pubblicato su....



# Le mie bici elettriche

## prima parte

*Daniele Cappa, IW1AXR*

**Applichiamo un motore elettrico alla bicicletta, realizziamo un controller adatto e aggiungiamo un paio di gadget**

Da alcune settimane, quando è possibile, rientro a casa a pranzo e torno al lavoro con la (mitica) Graziella. Il percorso totale è di 10km che sono percorsi in 35 minuti circa, con una media variabile da 16 a 17km/h, pedalando, ma non troppo! Tutto è iniziato con un paio di idee

scaricate in rete di un progetto di uno scultore-inventore statunitense, Eric Peltzer, che ha realizzato alcuni mostri su due ruote. Roba da 35 miglia orarie, autonomia ragguardevole, motore da 1HP e costi di "solo" 2000\$!

L'idea e la realizzazione è bellissima, curata e molto ben realizzata, ma la mia idea era decisamente diversa, particolarmente riferita al punto di vista economico. Il primo obiettivo era di spendere il meno possibile, almeno per le prime prove, e in ogni modo non superare la quota di 100 – 120 Euro,

In commercio esistono alcuni kit per dotare la bici di sistema di propulsione a pedalata assistita, è la tecnica con cui un ciclista in sella alla bicicletta riceve aiuto durante la pedalata da un propulsore ausiliario. Questo distingue una bicicletta da un ciclomotore. Per la prima non sono necessari casco, assicurazione e targhetta, il secondo ovviamente sì. Quindi il ciclista in sella ad una bicicletta dotata di pedalata assistita deve pedalare e raggiungere una velocità minima prima che inizi l'aiuto del gruppo motore. Nella mia versione è sufficiente un giro di pedali e i motori iniziano a darci un aiuto.

L'idea era in testa da alcuni mesi, ma l'ostacolo principale era la scelta del motore: ho considerato l'uso di diversi tipi di motore, ma erano tutti o troppo piccoli, o troppo grandi, fino a che, sempre in rete, ecco l'idea giusta: non uno, ma due motori uguali accoppiati tra loro unendo i due alberi con un rullo zigrinato che per attrito trascina



foto 1 La Graziella durante i test



**foto 2**  
I due motori, il rullo in hostaform e il tirante in filettato da 6 MA

la ruota. Come facevano a suo tempo i vari motori a due tempi da applicare alla bici tipo *Mosquito* o *Velosolex*.

Tecnicamente si tratta di realizzare un sistema di pedalata assistita, in altre parole un gruppo motore che aiuti il pedalatore umano; l'impressione è di avanzare sempre come se ci si trovasse in una leggera e lunghissima discesa.

Le prime prove hanno dimostrato che i due motori sono in grado di muovere la bicicletta e il suo passeggero in modo autonomo, anche se una pedalata leggera li aiuta molto.

Dopo la prima versione, provvisoria e brutale, che utilizzava i due motori, le batterie legate con nastro adesivo e un interruttore posto sul manubrio per accendere e spegnere il tutto; ho realizzato questa versione che offre alcune comodità in più (vedi foto 1, in apertura).

La velocità massima è quantificabile sui 20 – 25 km/h per un'autonomia di circa un'ora e comunque dipendente da quanto pedaliamo e da quanto facciamo... pedalare ai motori, oltre che dalla capacità delle batterie.

Il regolatore impiega solamente un CD4011, un vecchio NE555 e due darlington NPN, questo limita un poco le prestazioni, non si ha nessun controllo se il rullo scivola sulla ruota, ma con un uso attento è pos-

sibile accorgersi quando è necessario mollare la manetta del gas (!). La cosa avviene quasi esclusivamente se la ruota, e il rullo, sono bagnati, mentre durante l'uso normale succede esclusivamente se accendiamo i motori con il comando manuale mentre siamo fermi.

Legalmente in Italia non dovrebbero

ancora esserci norme che regolano l'uso di biciclette elettriche, è ragionevole pensare che il futuro ci riservi norme paragonabili a quelle in esame in sede comunitaria. Le limitazioni dovrebbero riguardare la velocità massima fissata a 20 – 25km/h e il fatto di avere un aiuto nella pedalata dal motore elettrico, non un propulsore autonomo che renderebbe la ex\_bici un vero veicolo completamente elettrico.

L'aiuto fornito dai motori deve cessare quando cessa la pedalata del ciclista, cosa del resto molto comoda durante l'uso normale.

Per realizzare questo progetto è necessario avere un minimo di pratica in montaggi di tipo meccanico, oltre che elettronico. È necessario lavorare in modo ordinato e, anche meccanicamente, preciso. Questo non solo per ottenere una bici che sia realmente usabile per molto tempo, ma anche per evitare di incorrere in fastidiosi contrattempi... lontano da casa

### Scelta dei motori e il montaggio

Per le prime prove ho preferito martirizzare una vecchia bici tipo Graziella, che ha il vantaggio di avere un bel portapacchi adatto a sostenere quanto necessario durante i test. La prima versione ave-

va il regolatore infilato dentro a un barattolo di plastica tenuto sul portapacchi da due pezzi di nastro da pacchi.

I motori sono tenuti insieme da una barra di filettato da 6 MA, sono fissati dal lato superiore al portapacchi della bicicletta a mezzo di due fascette in metallo opportunamente sagomate. Un puntone di barra filettata regola la pressione esercitata dal rullo sul pneumatico ed è registrabile tramite una coppia di dadi (**foto 2**). La regolazione permette di allontanare, qualora fosse necessario, il rullo dal contatto con la ruota.

La scelta è caduta su due motori dell'elettroventola del radiatore provenienti da due *Fiat Uno*. Sono oggetti che si trovano facilmente da qualsiasi autodemolitore per pochi spiccioli. Non importa la marca o il modello di provenienza, è importante che siano utilizzati due motori assolutamente identici tra loro e che questi abbiano un sistema di fissaggio riutilizzabile e possibilmente simmetrico. I motori tipo Fiat hanno tre alette ortogonali all'asse del motore e a circa 120 gradi tra loro.

Sistemi analoghi disponibili in commercio impiegano due motori montati sulla ruota anteriore. Ho scartato questa ipotesi per usufruire della comodità fornita dal portapacchi, l'applicazione alla mountain bike richiede un montaggio analogo, realizzando una sorta di portapacchi adatto a sostenere i motori. Un giro in ferramenta fornisce profilati quadri in alluminio da 20x20 mm, rivetti e una barra di filettato da 6MA necessari a fissare il tutto. È stato fatto abbondante uso di alluminio e rivetti, per limitare quanto più possibile il peso. Per questa bici i motori provengono dall'elettroventola di due *Lancia Thema*.

I due motori sono uniti tra loro da un tamburo, il mio è realizzato in *hostaform*, è una plastica bianca e

molto dura, in alluminio andrà ovviamente bene.

Il rullo è un cilindro di 40 mm, poi aumentati a 50 mm, di diametro zigrinato all'esterno, lungo 60 mm, con un foro assiale di 8 mm e la sede per le due spine dei due alberi dei motori, le sue dimensioni sono dipendenti dal diametro degli alberi dei motori utilizzati.

È l'unico pezzo che andrà realizzato al tornio da un artigiano, o da un amico disponibile; il resto è realizzabile in casa avendo disponibile un trapano, anche a pile, un seghetto da ferro, chiavi e quanto in casa non dovrebbe mai mancare.

Il tutto è assemblato sul banco in modo da avere i due motori perfettamente assiali tra loro. La prova sarà eseguita sulla bici misurando la corrente assorbita a vuoto dai due motori già montati, ma non collegati alla ruota.

È molto importante che il montaggio del propulsore sulla bici rispetti la posizione dei motori le cui staffe devono essere assolutamente parallele tra loro. In questa fase è possibile effettuare le prime prove su strada, utili anche a determinare il massimo assorbimento di corrente dei motori utilizzati. La prova verrà effettuata semplicemente collegando un robusto interruttore e l'amperometro del tester tra le batterie e i motori.

In base ai risultati di queste prove decideremo come dimensionare lo stadio finale del regolatore PWM. Dobbiamo comunque prevedere che le batterie sono soggette a scaricarsi, anche piuttosto in fretta, di conseguenza il rullo del gruppo dei motori deve poter essere allontanato dal contatto con la ruota in breve tempo; per permettere l'uso della bici normalmente senza trascinare a vuoto i motori.

### Le batterie e i consumi

I due motori sono collegati in serie tra loro, sia per ridurre la corrente assorbita sia per rendere per



foto 4

Il contenitore con quattro batterie e il regolatore a transistor montato sul portapacchi posteriore

quanto possibile uguale la coppia dei due singoli motori. L'alimentazione è fornita da due batterie al piombo\_gel, quelle utilizzate negli impianti antifurto, da 12 V 7Ah collegate in serie tra loro.

La corrente assorbita a vuoto è pari a circa 2A. che salgono a tre, quattro durante l'uso normale, per salire anche a 15A con il carico applicato e i motori collegati direttamente alle batterie, senza alcuna regolazione. Da questo ne deriva un'autonomia media che dovrebbe

essere, per un uso non gravoso, di circa un'ora. La versione visibile nella **foto 4** è dotata di quattro batterie, nell'ottica di aumentare l'autonomia. Ovviamente il peso aumenta di conseguenza!

Sulla mia mountain bike è possibile fissare 4 batterie da 7Ah ricorren-

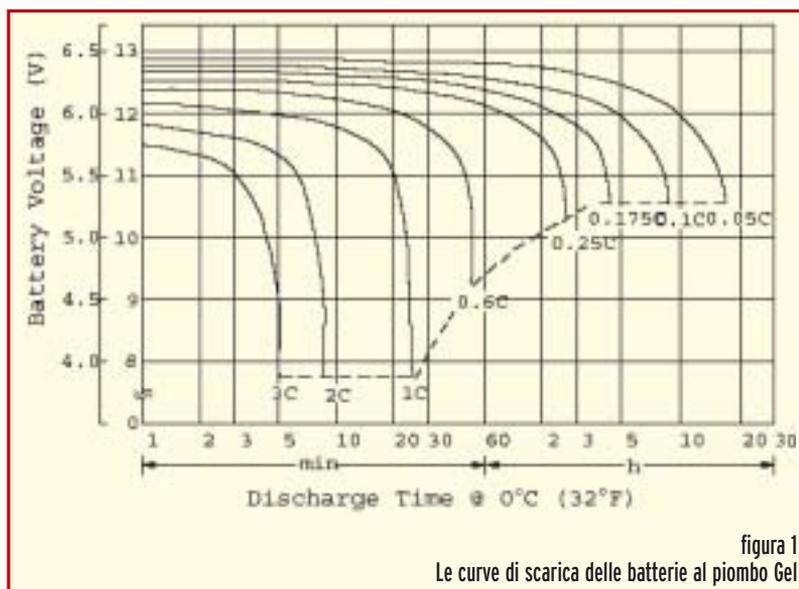


figura 1

Le curve di scarica delle batterie al piombo Gel



foto 3b  
Il regolatore senza i finali

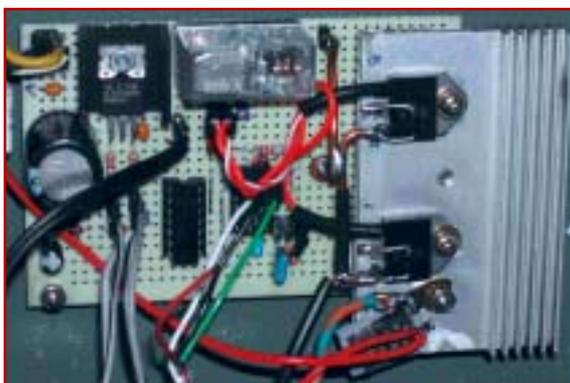


foto 3  
Il regolatore della Graziella



foto 7  
Reed montato sul pedale

do a delle semplici fascette, altre due batterie possono essere fissate accanto alla ruota posteriore sfruttando le staffe che sostengono il gruppo motore.

Questo tipo di batterie sono prodotte in più versioni, la serie a 12V parte da 1.2Ah fino a 200Ah. Per le nostre necessità possiamo considerare l'uso di esemplari da 5 a 18Ah. La scelta sarà effettuata secondo il peso e lo spazio disponibile contro l'autonomia necessaria.

Nel grafico è visibile la curva di scarica di questo tipo di batterie, come vediamo con una corrente di scarica pari alla capacità nominale le quattro batterie (14Ah) si scaricano in 20 minuti, mentre a 0.6 C (8.4 Ah) viaggiamo per 50 minuti, questo valore rappresenta una ragionevole previsione di consumo durante l'uso normale. Il tutto alla improbabile temperatura di 0°, a 20° C l'autonomia aumenta di circa il 20%. Se vogliamo sognare consideriamo un uso molto parsimonioso che assorba dalle batterie una corrente media di 3.5 A ci

permette una autonomia di quasi tre ore, sicuramente oltre le mie capacità pedalatorie!

### La regolazione elettronica

Come già detto la parte elettronica è composta da un regolatore PWM formato da un 555, due transistor di potenza e un CD4011 che accende e spegne l'oscillatore del PWM secondo necessità (foto 3).

La trazione elettrica è attivata automaticamente nel momento in cui il ciclista inizia a pedalare e la ruota anteriore compie una frazione di giro.

Dovendo realizzare un sistema adatto all'uso cittadino dobbiamo avere la certezza che la cosa non ci esponga a pericoli. Per questo ho utilizzato due sensori reed, quelli formati da un magnete e un contatto magnetico e sono utilizzati negli impianti antifurto civili come sensori su porte e finestre. Uno è posizionato su un pedale e attiva il reed ad ogni pedalata (foto 7); a questo sensore fa capo un timer che attiva l'oscillatore del controller PWM dei motori per 3-4 secondi. Un sistema analogo è posto tra la forcella e i raggi della ruota non motrice e attiva l'oscillatore per un secondo circa. Il gruppo motore è attivo solamente quando entrambi i timer sono attivi. Perché questi due timer e perché hanno dei tempi così brevi? Per non farsi male!

Il sistema si deve attivare da solo quando la bici è in movimento, il solo sensore sui pedali avrebbe fatto accendere i motori anche quando, da fermi, giriamo al contrario i pedali per portarli nella posizione di partenza mentre il solo sensore sulla ruota avrebbe acceso i motori anche quando spostiamo la bici la mano, entrambe le situazioni sono da evitare.

I tempi brevi ci obbligano a pedalare, anche lentamente, se la pedalata cessa dopo 3-4 secondi cessa anche la spinta aggiuntiva dei motori, dunque se stiamo giungendo a

un semaforo rosso dobbiamo smettere di pedalare una decina di secondi prima e i motori si fermeranno in tempo.

Il sensore sulla ruota anteriore, o comunque quella non motrice, impedisce che la spinta dei motori avvenga anche se la bici non è più con le ruote a terra. Se dovessimo cadere la spinta cessa dopo pochi attimi che la ruota anteriore, o i pedali, si sono fermati.

È vero che questo sistema non misura la velocità angolare della ruota o dei pedali, ma rileva solamente la posizione dei due elementi rispetto ai reed fissati sul telaio. La possibilità che entrambi i sensori siano in posizione attiva con la bici ferma è remota, e comunque portano a un'attivazione accidentale dei motori per un secondo circa. Se non siamo interessati a questi automatismi, sarà sufficiente sostituire il contatto del reed posto sulla ruota con un pulsante situato sul manubrio. Al posto del reed montato sul pedale inseriremo un ponticello.

Sulla mountain bike non ho montato il reed sulla ruota e ho allungato un poco il tempo del timer sul pedale, la bici è usata fuori città dove andare in bici è meno pericoloso.

I due timer sono realizzati con una unica porta NAND del CD4011. Il condensatore C4 si carica ogni pedalata tramite la resistenza R1 e si scarica sulla resistenza R3, analogamente C5 si carica ogni giro di ruota tramite R2 e si scarica su R4. In entrambi i casi il tempo di carica è molto breve, circa 1mSec.

La Graziella utilizzata ha ruote da 20", lo sviluppo del pneumatico è circa 160 cm a 25 km/h la ruota compie circa 1 giro ogni 220 msec, se il reed sente il magnete per un movimento di circa 10 gradi allora l'impulso sul reed della ruota durerà almeno 6 mSec. Bastano a caricare il condensatore del timer della ruota. Il reed opera bene anche per tempi d'intervento così brevi.

Il timer della ruota riuscirà a mantenere il controllo dei motori attivato in continuazione a partire da 6 km/h. La mountain bike ha ruote da 26" e i tempi sono sensibilmente più lunghi.

L'oscillatore PWM è formato dal solito NE555 in configurazione astabile, la frequenza di oscillazione è fissa a circa 2kHz, la frequenza non è critica, ma diventa fastidiosa se è troppo bassa. Il primo prototipo prevedeva la commutazione, tramite jumperini, della frequenza dell'oscillatore da 10Hz a 10kHz circa; 2kHz rappresentano il miglior compromesso tra comodità di guida e resa elettrica, durante l'uso si avverte solo un leggero sibilo. Il duty cycle è fatto variare dal 2 al 98 % circa tramite il potenziometro P1 che andrà posto sul manubrio (**foto 5**). Questa variazione regola il numero dei giri, e la coppia, dei due motori in modo continuo.

I tempi di carica e scarica del condensatore C7 collegato ai pin 6 e 2 del 555 sono variabili in funzione della posizione del potenziometro P1, ne otteniamo una validissima regolazione del duty cycle della forma d'onda in uscita al pin 3 del 555. Quando l'uscita è a livello alto i due motori ricevono corrente, quando il pin 3 è a livello basso i motori sono spenti. Questa commutazione avviene alla frequenza dei citati 2kHz, ma il periodo in cui i motori sono accesi e il periodo in cui sono spenti non è uguale. È questa differenza che permette la regolazione della coppia sugli alberini di uscita dei due motori.

Il comando di potenza è ottenuto con una coppia di transistor darlington di potenza (TIP141), il nu-



foto 5  
Manopola di P1 e pulsante Turbo

mero di transistor è proporzionale alla corrente richiesta dai motori. I due ex-Fiat Uno assorbono circa 15 A a pieno carico e i due TIP141 forniscono 20 A massimi, se i motori dovessero avere assorbimenti diversi sarà necessario adeguare anche il numero di finali, oppure ricorrere a modelli più potenti. Tra i tanti prototipi ho realizzato un comando analogo che fa uso di darlington PNP, sono stati utilizzati 4 transistor montati su un robusto dissipatore. I motori dell'elettroventola della Thema utilizzati sulla mountain bike sono più avidi di corrente rispetto a quelli della Uno e il regolatore con i due TIP141 non è sopravvissuto a lungo. Riporto lo schema elettrico di questa versione del gruppo finale, il cablaggio è realizzato interamente sulla parte posteriore dell'aletta.

La perdita nei transistor è quantificabile intorno al 8% della potenza assorbita e avviene in pratica solo durante il passaggio tra i due stati logici, principalmente perché i fronti di commutazione sono molto veloci, ma non immediati. Pertanto una frequenza di commutazione più bassa riduce il numero delle commutazioni e la potenza dissipata nei finali. Con i due motori sul banco e una frequenza di 10 KHz i transistor si arroventano in meno di un minuto mentre a 2KHz dopo 5

minuti sono poco più che tiepidi. Il condensatore che regola la frequenza di commutazione è C7.

Il diodo in parallelo ai motori protegge lo stadio di potenza dalle extratensioni che si generano durante la commutazione. I motori sono un carico fortemente induttivo e nel momento di passaggio dalla saturazione all'interdizione dei transistor si genera una tensione anche piuttosto elevata di segno opposto alla causa che la ha generata. Per questo i tre diodi (D8, D9

e D10) sono assolutamente indispensabili, pena una prematura dipartita dei finali, mentre le due resistenze R8 e R9 possono essere omesse, i due transistor dovrebbero essere identici tra loro altrimenti, senza le resistenze, rischiate che uno lavori più dell'altro e non avrete alcuna protezione dalla eccessiva temperatura.

I finali e i componenti di contorno sono montati direttamente sul dissipatore, se è previsto l'uso di motori più potenti possiamo aggiun-

gere finali fino ad arrivare alla corrente richiesta. Attenzione alla corrente di spunto che può raggiungere il doppio o il triplo della corrente assorbita normalmente.

A questo punto termino la prima parte dell'articolo. In seguito illustrerò il montaggio del regolatore, l'impianto elettrico della bicicletta, impressioni e considerazioni finali.

Al prossimo mese.

*daniele.cappa@elflash.it*

# Le mie bici elettriche

## seconda parte

Daniele Cappa, IW1AXR

**Dopo aver presentato il progetto illustriamo il montaggio del regolatore, l'impianto elettrico della bicicletta, impressioni e considerazioni finali**

### Il montaggio

Nel progetto non sono stati usati componenti critici, praticamente tutto può essere sostituito con qualcosa di analogo, rispettando le correnti che nello stadio di potenza raggiungono valori elevati.

Il tutto andrà assemblato con cura e in modo stabile, la bici trasmette vibrazioni e subisce urti anche di forte intensità.

Per dare un tocco sportivo (!) al tutto ho montato, sul manubrio accanto alla manopola di P1, un pulsante normalmente aperto, denominato Turbo, che inizialmente attivava un relè i cui contatti collegavano direttamente i motori all'alimentazione; in tal modo viene eliminato tutto quanto di elettronico è stato fin qui illustrato fornendo ai motori ed alla ruota, la massima potenza disponibile a scapito della carica delle batterie che vengono

così sottoposte a un carico che può arrivare a 15A, utile se si è verificato un guasto... Successivamente in seguito alla bruciatura dei contatti del relè il comando è stato spostato in modo da pilotare direttamente le basi dei transistor, tramite il pulsante (così bruciamo direttamente i transistor).

Il consumo a "bici ferma" del solo regolatore a riposo è di circa 20mA, pochi rispetto al consumo del motore ma sufficienti a giustificare l'utilizzo di un interruttore per escludere completamente le batterie durante le soste prolungate o in garage.

I tre prototipi del regolatore sono stati montati su basette millefori, i due transistor su un dissipatore 8x5cm circa. La versione per la Mountain bike è stata realizzata seguendo il disegno dello stampato proposto, ma utilizza quattro finali MJ2501 (Darlington PNP da 10A). Se deciderete di provare questa versione del gruppo di finali ricordatevi che il transistor NPN (BD165) che precede i finali andrà sempre alimentato, l'eventuale interruttore a chiave deve togliere l'alimentazione al solo regolatore, vale a dire solo al 7812 e quanto questo alimenta. Durante queste giornate torride (siamo in piena estate...) il dissipatore montato all'interno del contenitore non raffredda come dovrebbe i due transistor, per questo la versione successiva è stata realizzata con il dissipatore esterno più grande fissato accanto alla ruota posteriore. I collegamenti in cui scorre la corrente dei motori andranno effettuati con filo di sezione più consistente, almeno 2.5 mm di diametro.

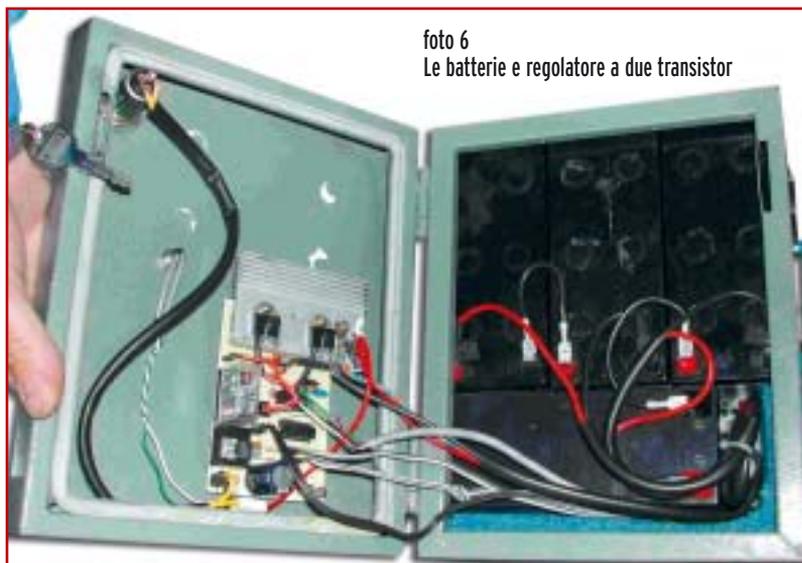
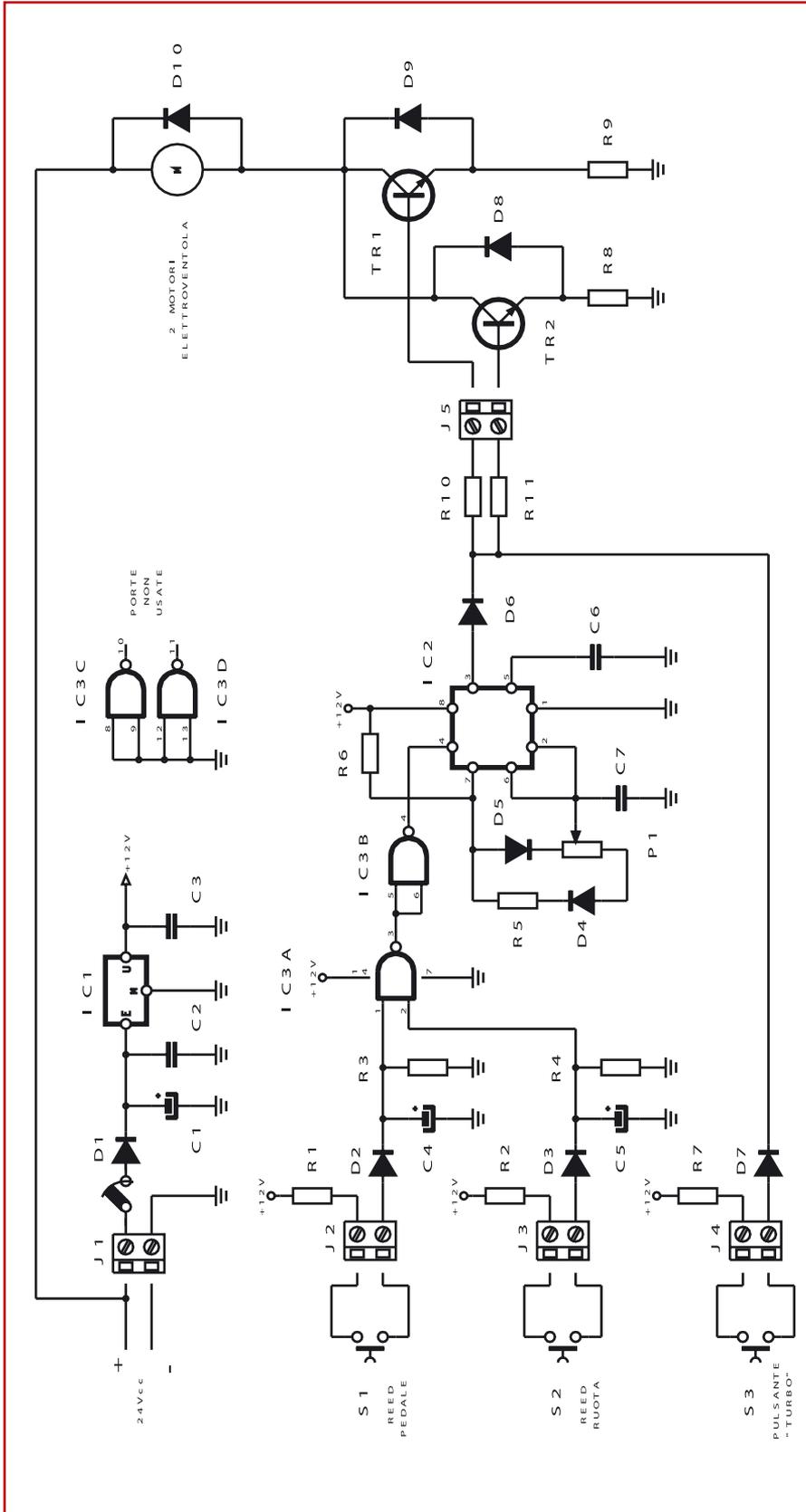


foto 6  
Le batterie e regolatore a due transistor

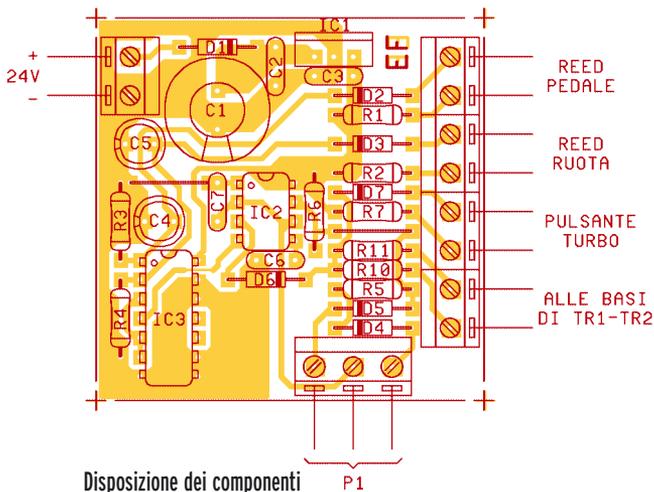


- ELENCO COMPONENTI DEL REGOLATORE**
- R1 = R2 = 330Ω
  - R3 = R4 = 1MΩ
  - R5 = R6 = 1,2kΩ
  - R7 = 220 ohm
  - R8 = R9 = 0,15Ω/10W
  - R10 = R11 = 220Ω

- P1 = potenziometro lineare 100kΩ + manopola
- C1 = 1000μF 50 V
- C2 = C3 = 100nF
- C4 = 3,3 microF
- C5 = 1 microF
- C6 = C7 = 10 nF
- D1 = 1N4007

- D2 ÷ D5 = 1N4148
- D6 ÷ D9 = 1N4007
- D10 = BYW80-150 oppure BYW29-200 diodo veloce 8A 150V o più
- TR1 = TR2 = TIP141
- IC1 = LM7812
- IC2 = NE555
- IC3 = CD4011

- SW1 = magnetico reed NA
- SW2 = magnetico reed NA
- SW3 = pulsante NA
- Radiatore per i transistor
- Kit di isolamento per i transistor
- Zoccoli a 8 e 14 pin
- Contentitore, anche plastico



Disposizione dei componenti sulla basetta dello stampato del regolatore.

I due diodi che sono collegati ai transistor (D8 e D9) sono montati direttamente sui pin dei transistor. Il tutto è stato definitivamente sistemato in un contenitore da esterno, provvisto di chiave, proveniente da un ex antifurto da abitazione che contiene quattro batterie, due serie di due in parallelo tra loro e la parte elettronica (Foto 6). Il tutto è saldamente fissato sul portapacchi della Graziella. Davanti alla scatola (sotto

la sella) è previsto lo spazio per un piccolo caricabatteria che viene collegato a mezzo di una piccola presa volante fissata al telaio della bicicletta. Un trasformatore da 24V, un ponte a diodi e una resistenza limitatrice da 2.2 – 4.7Ω 5W per limitare la corrente di carica a 0.5 – 1 A massimi che permettono la ricarica “lenta” delle batterie in circa 15 – 20 ore. Ovviamente raddoppiando le batterie raddoppia anche il tempo di ricarica.

L'interruttore a chiave toglie l'alimentazione solo al regolatore PWM, lo stadio di potenza non assorbe nulla di misurabile, se il regolatore non è alimentato. In parallelo all'alimentazione del regolatore è stato montato un voltmetro analogico da 30 Vfs, anche lui montato sul manubrio accanto al classico contachilometri da bici, per controllare la tensione degli accumulatori durante i test. (Foto 7) Sulla mountain bike è stato montato un vecchio kit MK1770 della GPE, si tratta di un tester per batterie a 12V, opportunamente modificato per l'uso a 24V. Inserito nel guscio di un vecchio telecomando e montato accanto al manubrio è molto più discreto dell'ingombrante ex-tester.

In serie alle batterie è necessario inserire un fusibile, anche di tipo automobilistico da 25-30A. Il cablaggio della mountain bike è stato realizzato in modo modulare, in modo da permettere la sostituzione di un elemento semplicemente staccando un connettore. Lo schema a blocchi chiarisce la cosa, l'impianto è stato suddiviso in quattro blocchi:

- i motori
- i finali
- le batterie
- il regolatore, a cui fanno capo tutti i comandi e il voltmetro

due in parallelo tra loro e la parte elettronica (Foto 6). Il tutto è saldamente fissato sul portapacchi della Graziella. Davanti alla scatola (sotto

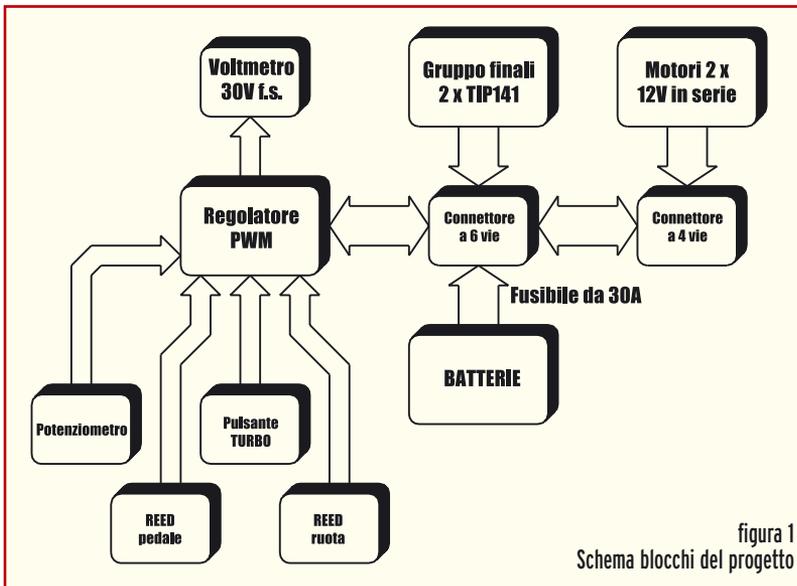
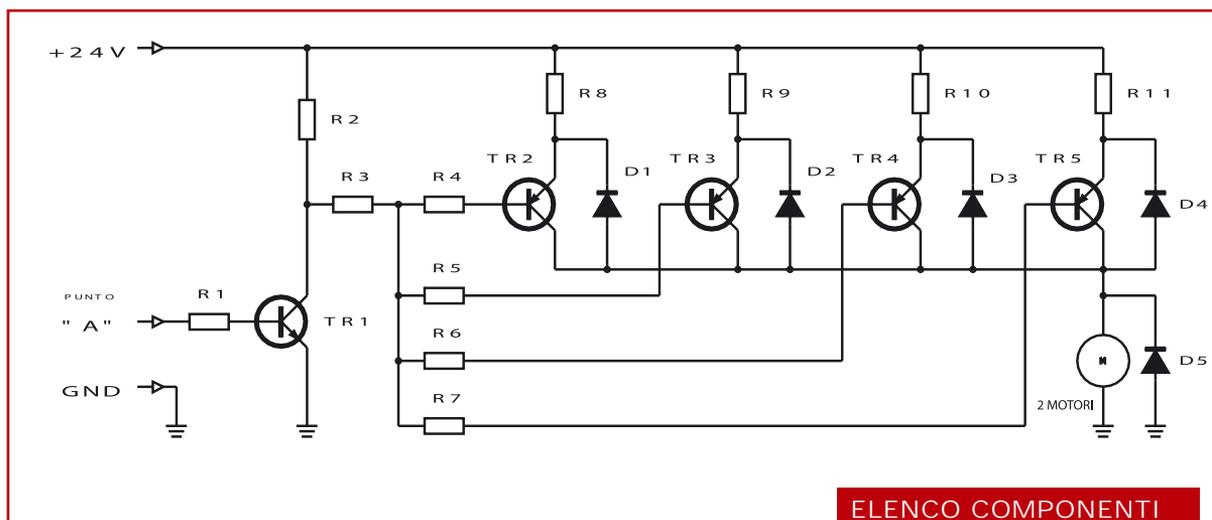


figura 1  
Schema blocchi del progetto



foto 7  
Manubrio con il voltmetro, l'odometro, la manopola di P1 e il pulsante Turbo

Ogni blocco è collegato con uno o più connettori, solo il regolatore ha i connettori da stampato all'interno,



gli altri hanno connettori a due, quattro e sei vie di tipo automobilistico. È un buon sistema per non disfare tutto l'impianto in caso di un guasto, è successo più volte e non è divertente disfare cosa si è appena fatto!

### Impressioni di chi ha provato il mezzo...

Durante la prima settimana di prove la bici, ancora in fase di perfezionamento, è stata provata da una decina di amici, tutti entusiasti della cosa fino alla definizione di David: «Bellissimo, erano anni che non mi divertivo così!».

Si è passati dai 65kg del sottoscritto, al quintale abbondante di Leo iw1fsv, in condizioni *test*, con una coppia di batterie di recupero e pochissima voglia di pedalare, l'autonomia di due sole batterie non è eccezionale, ci si diverte per 30 – 40 minuti poi è necessario ricaricare le batterie. Un uso attento e ragionevole aumenta la durata della carica delle batterie fino al tempo e alla percorrenza prevista.

La bici è perfettamente usabile senza nessuna attenzione particolare (Foto 8), basta regolare il potenziometro della velocità secondo la propria pedalata, trovando il giusto compromesso tra la fatica di pedalare e la certezza che la carica delle batterie è destinata a esaurirsi. L'effetto dei due motori

elettrici è accompagnato da un silenzio quasi totale che fa ulteriormente apprezzare l'opera appena conclusa.

### Quanto si spende e quanto pesa

I motori nuovi, come ricambio, costano da 50 a 80 Euro, ma si possono trovare ricambi nuovi di auto ormai obsolete a molto meno; ho trovato una coppia di motori da elettroventola radiatore per Fiat 124 (anno 1970 circa) a 30 Euro.

Da un demolitore possono valere dai 5 ai 10 Euro l'uno. Portatevi in tasca una batteria carica per provarli, scegliete modelli provenienti da auto vecchie, anche Fiat 127 e 128. È importante che siano assolutamente identici tra loro, stesso modello e stesso costruttore.

Attenzione a motori elettroventola provenienti da auto dotate di motori Fire (Uno, Panda Y10, Punto) sono di dimensioni particolarmente contenute e potrebbero essere poco potenti, non ho avuto la possibilità di effettuare prove in tal senso. Il regolatore completo costa circa 10 Euro, le batterie (la versione da 7Ah) 20 – 25 Euro l'una. Il contenitore per il solo regolatore risulta essere molto piccolo, se le batterie devono essere collocate al suo interno allora le dimensioni aumentano; una idea valida è di fissare le

### ELENCO COMPONENTI DEL GRUPPO FINALI PNP

R1 = 3,3kΩ 1/4W  
 R2 = 1200Ω  
 R3 = 2,2kΩ  
 R4 ÷ R7 = 270Ω  
 R8 ÷ R11 = 0,1Ω10W  
 D1 ÷ D4 = 1N4007  
 D5 = BYW90-150  
 TR1 = BD165  
 TR2 ÷ TR5 = MJ2501



foto 8  
Lionella in bici

Veicolo di base	Bicicletta tipo Graziella della Legnano, anno 1970 circa, interamente originale, compresi pneumatici e freni.
Motore:	Due motori DC a magneti permanenti ex_elettroventola Fiat Uno fissati al portapacchi posteriore. La potenza dei due motori accoppiati è quantificabile a poco meno di ? CV.
Trazione:	A rullo in Hostaform (o alluminio), diametro 40 – 50mm a contatto con la ruota posteriore
Controller:	A commutazione a transistor (due finali NPN), autocostruito, con regolazione della velocità sul manubrio con un potenziometro e sensori di pedalata e di movimento della ruota anteriore
Batterie:	4 elementi 12V - 7Ah in serie e parallelo per avere 24V 14Ah montati in contenitore metallico insieme al regolatore
Tensione di lavoro:	24Volt per i motori stabilizzati internamente a 12V per il controller
Ricarica delle batterie:	Caricabatteria lento con trasformatore 24Vca 2 A, ponte a diodi e resistenza limitatrice da 2.2 ohm. Tempo di carica 20 ore circa.
Strumentazione:	Computer da bici e voltmetro analogico 30Vfs, ex tester Amtron. Chiave e spia del quadro (!).
Velocità:	Massima 19km/h con rullo da 40mm, 23km/h con il rullo da 50 mm, senza pedalare 15 – 18km/h pedalando durante il normale uso.
Autonomia	Stimata 10km senza pedalare, 30km per un uso normale.
Peso:	15kg più la bicicletta.
Capacità di trasporto:	Un adulto (anche se ha le dimensioni di Leo...)
Tempo di conversione	Un mese, dall'idea alla prima realizzazione. Per assemblare i pezzi 12 ore circa.
Costo totale:	Da 0 a 100 Euro, secondo quanto si riesce a recuperare usato, più la bicicletta.
Costo al chilometro:	Meno di 5 vecchie lire, 0.0025 Euro stimato di energia elettrica ogni chilometro percorso. Con il costo di un litro di benzina percorrerebbe 400km...

Tabella con le caratteristiche del progetto Graziella

batterie con alcuni robusti elastici, con una cinghia o delle fascette di dimensioni adatte, e inscatolare solo il regolatore. Il risparmio sul peso complessivo può essere notevole. Una batteria da 12V 7 Ah misura 13 x 15 x 6.5cm e pesa 2.660Kg.

In ferramenta una barra da 2 metri di profilato in alluminio da 20 x 20 mm costa circa 7 Euro, cui aggiungiamo le minuterie fino a 15 Euro. Siamo a poco più di 100Euro totali contro un valore di kit commerciali, sicuramente più evoluti e performanti, di 270 - 330 Euro.

Il kit più economico di cui sono a conoscenza è distribuito dalla GBC, costa 245 Euro e pesa circa 4kg. Purtroppo non ho dati circa la capacità delle batterie utilizzate e della sua autonomia.

Home Shopping Europe commercializza una bici elettrica, con pedalata assistita, della Piaggio a 999Euro, dichiarano 30km di autonomia a 15km/h.

Per montare il prototipo ho recuperato quasi tutto, i motori da Gino in Via Talucchi a Torino, le batterie e

la scatola da Riccardo, cugino da me stressato con le mie idee strane. I rulli sono stati torniti da Roberto iw1bnv. La componentistica è stata gentilmente offerta dalle scatole dei recuperi. Solo le barre filettate e le minuterie meccaniche sono state acquistate.

Il tutto ha un peso importante, se rapportato a quello della bici, ogni motore pesa circa 1.5kg, a cui si aggiungono 5 o 10kg secondo se impieghiamo una o due coppie di batterie. Se il contenitore è in metallo dobbiamo aggiungere anche il suo peso. Nel prototipo il peso raggiunto da tutto il sistema è quantificabile a circa 15kg, cosa che raddoppia il peso della bici.

Sistematte le batterie in posizione quanto più possibile centrale, il prototipo visibile nelle foto è molto sbilanciato verso la parte posteriore, l'uso di un contenitore dalle dimensioni generose ha impedito di fissarlo immediatamente dietro la sella, dove non si sarebbe più aperto. Forte dell'esperienza fatta con la Graziella assemblando la mountain

bike ho prestato più attenzione ai pesi, utilizzando quando possibile alluminio per il montaggio meccanico, plastica per il contenitore del regolatore e finali montati vicino ai motori, distribuendo meglio i pesi delle batterie. Questo tipo di accumulatori sono di tipo ermetico, possono essere montati in qualsiasi posizione e non subiscono danni se dovessero bagnarsi. Diverso è per i contatti elettrici che vanno accuratamente riparati dall'umidità, anche ricorrendo a del semplice grasso di vaselina.

I costi di gestione (!) sono ridicoli... un ciclo di ricarica per il mio pacco di quattro batterie consuma circa 500W, da tre a cinque centesimi in energia, secondo il momento e il contratto... leggete la bolletta dell'energia elettrica e vedete se ci capite qualcosa. Se con una ricarica percorriamo 20km siamo a meno di 0.0025 Euro/km, una utilitaria che percorra 16km con un litro costa 6 centesimi al km solo di carburante; circa 25 volte il consumo della bici... ammesso che non piova, altrimenti uso l'auto.

Veicolo di base:	Mountain Bike classica, ruote da 26", cambio Shimano
Motore:	due motori DC a magneti permanenti ex_elettroventola Lancia Thema fissati su un telaio realizzato in profilato quadro di alluminio 20 x 20 mm. La potenza dei due motori accoppiati è quantificabile a poco più di ? CV.
Trazione:	A rullo in alluminio, diametro 45mm a contatto con la ruota posteriore.
Controller:	A commutazione a transistor (quattro finali PNP), autocostruito, con regolazione della velocità sul manubrio con un potenziometro e sensore di pedalata. Il sensore sulla ruota anteriore non è stato montato.
Batterie:	4 elementi 12V - 7Ah in serie e parallelo per avere 24V 14Ah fissate tramite fascette al telaio della bici.
Tensione di lavoro:	24Volt per i motori; stabilizzati internamente a 12V per il controller.
Ricarica delle batterie:	Caricabatteria lento con trasformatore 24Vca 2 A, ponte a diodi e resistenza limitatrice da 2,2Ω. Tempo di carica 20 ore circa.
Strumentazione:	Computer da bici e display livello batteria a 3 LED (MK1770), chiave e spia del quadro (!).
Velocità:	Massima 25km/h con il rullo da 45 mm, 18 – 20km/h pedalando durante il normale uso.
Autonomia:	Stimata 10km senza pedalare, 30km per un uso normale.
Peso:	13kg più la bicicletta.
Capacità di trasporto:	un adulto (Leo non è salito su questa versione...)
Tempo di conversione:	Assemblata durante i weekend in 20 ore circa
Costo totale:	Da 0 a 100 Euro, secondo quanto si riesce a recuperare usato, più la bicicletta.
Costo al chilometro:	Stimata simile alla precedente, meno di 5 vecchie lire, 0.0025 Euro di energia elettrica ogni chilometro percorso. Con il costo di un litro di benzina percorrerebbe 400 Km...

Tabella con le caratteristiche del progetto Mountain bike

Un consiglio, se avete qualche dubbio circa la riuscita del progetto, seguite il mio esempio: realizzate una prima versione più economica, con quel che riuscite a trovare, poi sicuramente passerete alla realizzazione definitiva forti dell'esperienza che avrete nel frattempo accumulato.

I finali dei prototipi sono tutti a transistor, le prove da me condotte utilizzando dei mosfet di potenza (BUZ100) hanno portato alla prematura dipartita di questi ultimi, per questo ho presentato solo la versione a transistor. Nel caso vorreste provarci anche voi NON dimenticate i tre diodi D8, D9 a D10, senza questi il mosfet vive pochi secondi. Sugli emettitori dei transistor sono presenti delle resistenze da 0.1 ohm, sul primo prototipo (quello con i TIP141 e montato sulla Graziella) NON sono state montate, mentre sulla piastra con i quattro MJ2501 sono presenti.

Queste resistenze dissipano 20 – 25W per un consumo totale dei motori di circa 360W. Montarle significa raddoppiare le perdite nel regolatore.

Non montarle significa rischiare che un finale lavori di più di dell'altro e vada incontro a un surriscaldamento fatale.

Se avete transistor identici, acquistati (e fabbricati) insieme suggerirei di non montarle.

Non è una realizzazione da portare a termine in fretta, ho impiegato più di due mesi a completare prima la Graziella, poi la mountain bike. La maggior parte del tempo è stato impiegato nella ricerca del materiale adatto. Il montaggio non porta via molto tempo: un paio di pomeriggio per la realizzazione meccanica e uno per la realizzazione più squisitamente elettronica.

Sicuramente la parte elettronica non raggiunge livelli tecnologicamente elevati, ma la stesura di quanto avete fin qui letto ha richiesto in assoluto più tempo di qualsiasi altro progetto che ho inviato alla Rivista superando abbondantemente le 24 ore di scrittura sul PC.

Questo progetto ha radici

profonde, nella Foto 9 è riprodotto un quattroruote spinto da un motore 150cc ex\_Vespa del 1954. La cosa è stata messa insieme poco più di 40 anni fa da mio padre, quasi per gioco, per solo piacere di farlo. È composto quasi completamente da pezzi di alcune Vespa (il volante è di una Fiat Topolino) ed è tuttora funzionante malgrado il suo motore abbia ormai 50 anni. Forse è per questo che fare qualcosa su cui ci si sposta mi ha dato tanta soddisfazione.

A disposizione di quanti avessero bisogno attraverso la Redazione o via mail. A presto,

*daniele.cappa@elflash.it*

