



Cristiano Zambon (obiuan)

REGOLATORE "NO DROP"

18 December 2013

Introduzione

Da qualche tempo sul forum ho visto comparire richieste di utenti che volevano alimentare carichi a 12V direttamente dalla batteria della macchina. Essendo l'alimentazione in questi casi variabile da 10.5V (batteria scarica) a 14.4V, batteria in carica e motore acceso, ovviamente risulta impossibile risolvere il problema attraverso un semplice regolatore lineare. Pensa e ripensa, mi è saltata in mente una possibile soluzione: progettare un circuito che non regoli, ma semplicemente *segua* la tensione di ingresso fino a 12V e poi *limiti* la tensione d'uscita a quel valore.

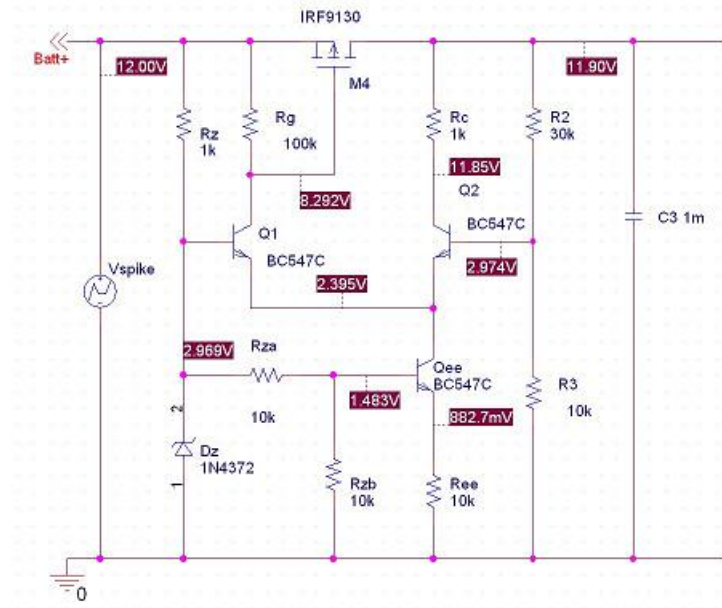
Dopo qualche tentativo più o meno funzionante ma poco soddisfacente, sono giunto al circuito che vi espongo in questo articolo. Purtroppo, per la mia cronica mancanza di tempo fra multi-lavoro e progetti personali, sono riuscito solo a simulare il risultato stressando il circuito in tutti i modi possibili. Dalla simulazione, i risultati sono veramente ottimi, quindi sarebbe interessante secondo me provare a costruirlo, perchè fermo restando che le simulazioni possono sempre nascondere qualche problema, sono abbastanza fiducioso che funzioni come deve...c'è qualche volontario?

Idea progettuale

Il circuito si basa sull'idea di mettere, in serie all'alimentazione, una resistenza variabile che sia prossima allo 0 quando la tensione è $\leq 12V$, e che poi cresca in modo da ottenere una caduta tale da mantenere la tensione d'uscita *regolata* a 12V. Inoltre, si basa sul fatto che per quanto la tensione di ingresso sia variabile, è sempre *piuttosto alta*, e quindi è facile ottenere da essa un riferimento preciso ad un valore più basso.

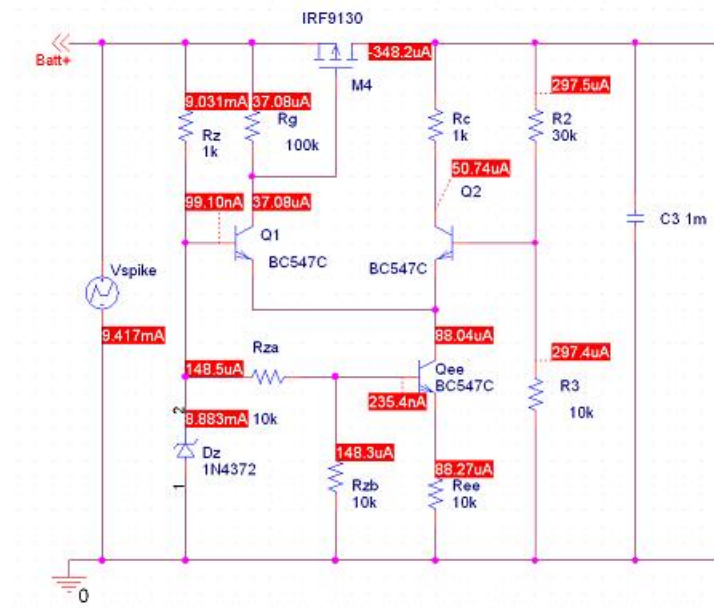
L'idea è quindi questa:

- Genero una tensione di riferimento il più possibile stabile. Nel circuito proposto uso uno zener, ma nulla vieta di sostituirlo con un regolatore di tensione variabile e trimmerarlo al valore più opportuno.
- Suddivido la tensione d'uscita in modo tale da ottenere, nel centro del partitore, un valore di tensione uguale al riferimento quando l'uscita è a 12V
- Con la differenza tra i due valori, regolo la V_{gs} di un MOS in serie.



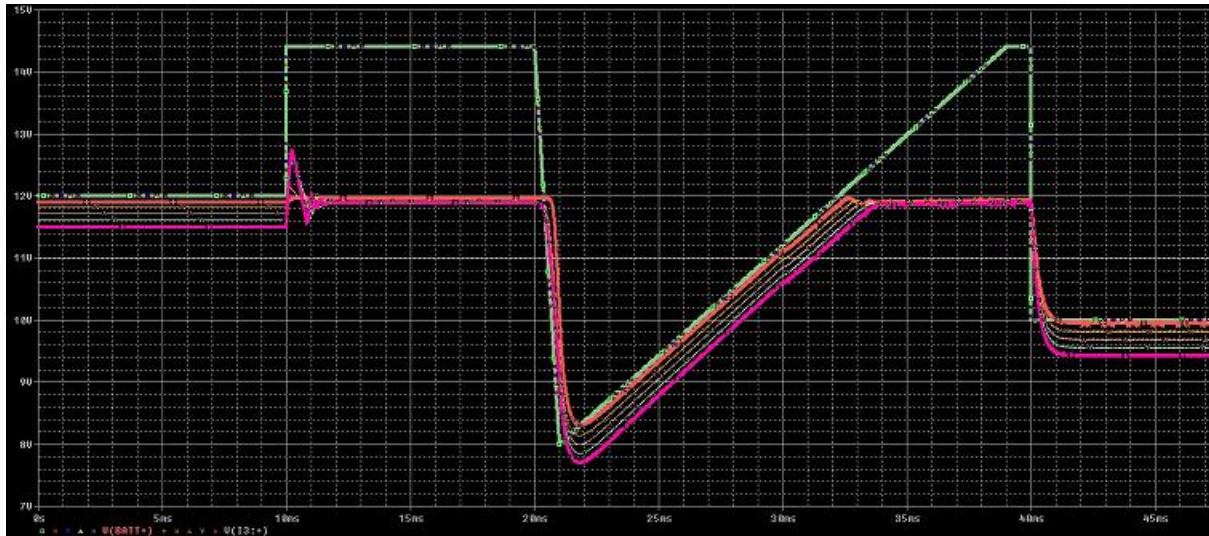
bias_point_v.JPG

Correnti:



bias_point_I.JPG

Che non presentano sorprese. Ho allora aggiunto al circuito un *segnale* di ingresso variabile nel tempo, e un carico variabile come parametro, per valutare il comportamento alle diversi correnti.



Vpwl_sim.JPG

Legenda:

- Spezzata verde: alimentazione.
- Spezzata arancione: uscita a carico "0"
- Spezzata fucsia: uscita a carico 2A

Ho modulato la tensione di ingresso per evidenziare il comportamento in diversi casi. Si può notare un overshoot nel passaggio rapido fra 12 e 14.4 volt, dovuto ai ritardi di reazione. Nel caso si tema che l'apparecchiatura da alimentare possa essere particolarmente delicata, si può limitare l'ampiezza dell'overshoot aumentando il condensatore da 1mF in uscita. Vediamo nel dettaglio cosa succede in quel punto:



Overshoot.JPG

E' chiaramente visibile come l'ampiezza sia tanto maggiore quanto maggiore è la corrente assorbita dal carico. Questo succede perchè l'effetto livellante del condensatore da 1mF è meno incisivo all'aumentare della corrente di carico.

Da questo zoom si può anche valutare l'effettiva resistenza in serie minima che il circuito mette al carico verificando la differenza nella zona in cui l'alimentazione è a 12V. Come si può vedere, la regolazione perde circa 0.5 volt a 2A di corrente, che fanno 0.25ohm di Req.

Ho poi voluto verificare la stabilità dell'uscita sia rispetto a spikes di tensione in ingresso (un *tipico* rumore causato dalle scintille del motore) sia rispetto a carichi *cattivi* ad assorbimento impulsivo. Per addensare tutto in un unico run di simulazione, ho fatto partire lo gli spikes di corrente dopo 20ms:

Visione generale simulazione:

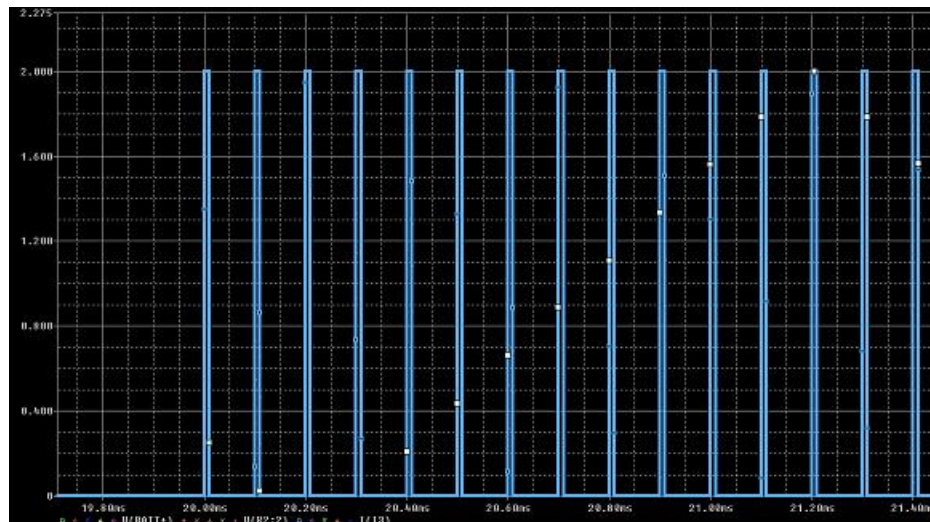


Spikes.JPG

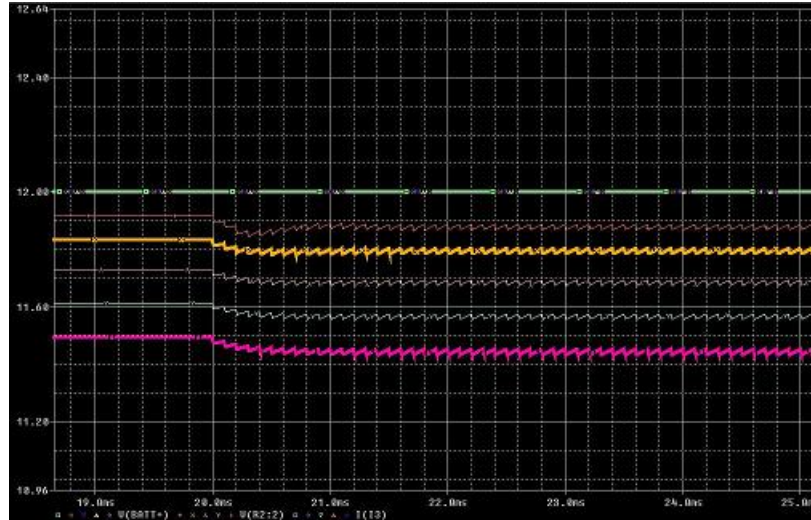
Settagli spike alto di tensione:

*Spike_alto.JPG*

Spikes di corrente generati:

*spikes_corrente_input.JPG*

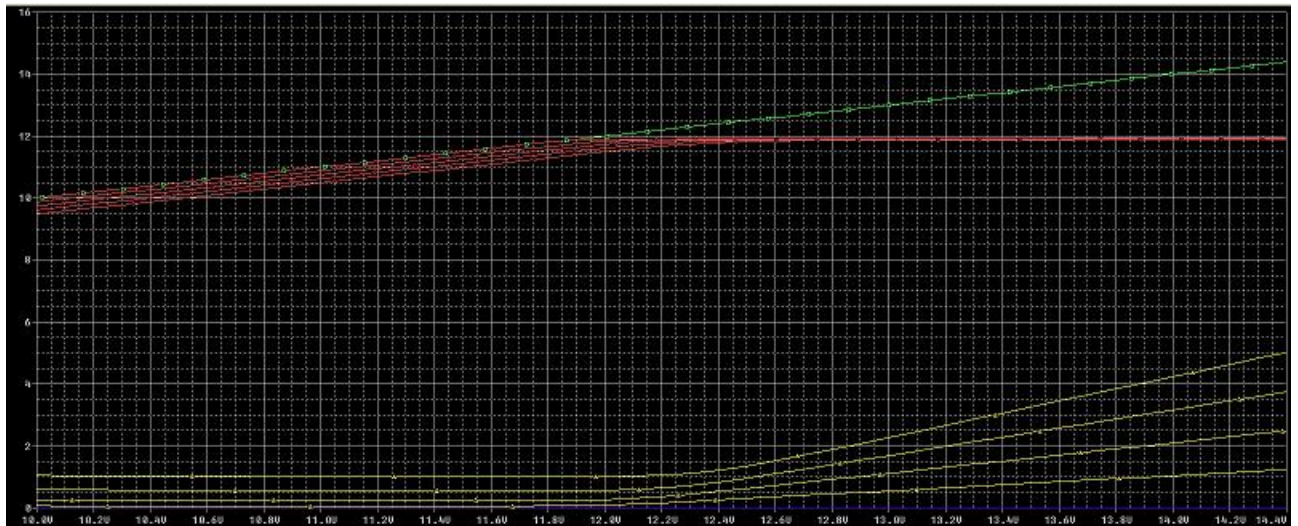
Reazione dell'uscita:



spikes_corrente.JPG

Da questo si ricava una sostanziale insensibilità sia al rumore sulla tensione di ingresso sia alla corrente assorbita dal carico.

Ulteriore punto: la potenza. Il componente *critico* da quel punto di vista è ovviamente il MOS M1, quindi ho deciso di simulare l'andamento della potenza nel MOS con un DC sweep da 10 a 14.4V, parametrizzando la simulazione con diverse correnti di carico:



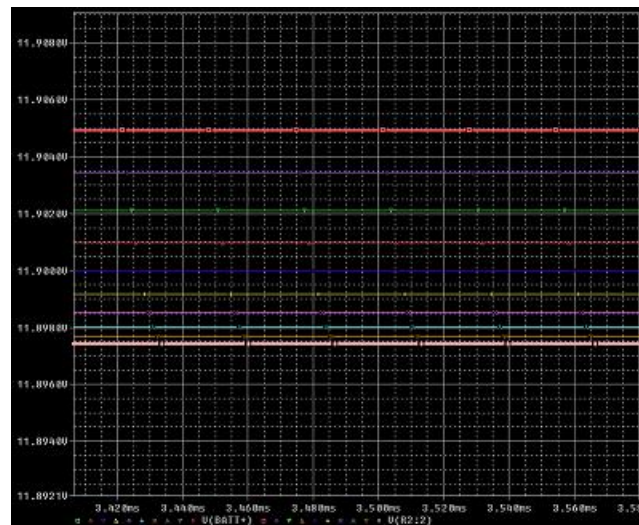
potenzaMOS.JPG

Ovviamente la potenza dissipata è molto bassa quando il MOS funziona a R_{dsOn} bassa, cioè quando la tensione di ingresso è $\leq 12V$, poi sale fino a raggiungerne i

5W nel caso dei 2A erogati a 14.4V. Come risultato non mi sembra male, visto che per trasferire al carico 24W ne consuma *solo* 5.

Ultimo aspetto: la dipendenza dalla temperatura. La coppia differenziale *trasforma* la variazione delle V_{be} con la temperatura in un segnale di modo comune, per il quale ha guadagno bassissimo grazie al carico attivo. Il carico attivo stesso, che pur presenta una certa dipendenza dalla temperatura della corrente assorbita, non influenza l'uscita che verrà comunque stabilizzata ad una tensione che non dipende in modo critico dalla corrente del pozzo, grazie alla reazione fatta attraverso la coppia differenziale. Resta la tensione di zener, che agisce direttamente sulla regolazione attraverso la base di Q1. lo zener scelto ha una variazione in temperatura (polarizzato a 20mA) di $-0.075\%/^{\circ}\text{C}$. Supponendo un range $-10^{\circ}\text{C}/+60^{\circ}\text{C}$, la variazione sarà dello $0,075 \cdot 70\%$, = 5,25%, 157mV su 3V. Visto il guadagno 4, si dovrebbe avere una dipendenza di 630mV sulla tensione di regolazione, che sarà massima a -10°C (circa 300mV in più) e minima a 60°C (circa 300mV in meno).

Per completezza, ho lanciato una simulazione in temperatura a vuoto facendo calcolare la tensione d'uscita per le temperature fra -30°C e $+60^{\circ}\text{C}$, ottenendo questo risultato:



temperatura.JPG

Che significa che il modello di zener del simulatore fa schifo :) In ogni caso, come accennato, la scelta dello zener non è assolutamente l'unica possibile. Se una variazione di $\pm 300\text{mV}$ su 70°C è troppo, si può per esempio utilizzare un regolatore stabilizzato a 3V. Oppure, si può scegliere di cambiare lo zener con uno da 4.3V o forse addirittura con uno da 4.7V, riducendo la dipendenza dalla temperatura di un fattore 2 nel primo caso, 4 nel secondo.

Considerazioni sulla stabilità:

Non sono abbastanza fresco di studi in controlli per ricavare uno schema a blocchi che possa consentire un calcolo preciso dei margini di fase e guadagno del circuito. Trattandosi di un sistema reazionato, ovviamente in qualche condizione può oscillare. Da un'analisi qualitativa, penso di poter dire comunque che il pericolo di un'oscillazione sia molto remoto.

Conclusioni

Mi rendo assolutamente conto che presentare un circuito solo simulato non è certo una buona prassi. Ho deciso di farlo sulla base della considerazione che potrebbe essere utile a qualcuno, e sulla base della mia personale curiosità di vederlo davvero in funzione. Quindi, come ho detto nell'introduzione, cerco un volontario che abbia un po' di tempo e voglia per provarlo. Ovviamente, potrebbe anche essere che un'altra mente veda al volo un qualche difetto, magari anche grossolano, nella progettazione e che questo difetto sia mascherato dalla simulazione...attendo quindi con curiosità anche eventuali commenti.

Obiuan (Cristiano)

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Obiuan:stabilizzatore-no-drop-per-auto>"