



*Thermidor
Technologies*

Germinimal

Keyboard controller

INDICE

INDICE.....	1
1. INTRODUZIONE	2
2. STRUTTURA DEL KEYBOARD CONTROLLER.....	2
3. MICROCONTROLLORE.....	3
3.1. MIDI	3
3.2. Control Voltage	3
3.3. Pitch-Bend.....	4
3.4. Generazione delle tensioni di controllo	4
3.4.1. Filtri PWM	4
3.4.2. Selettore di ottava	4
4. NOISE GENERATOR	5
5. LFO	5
5.1. Modulazione esponenziale dell' LFO.....	6
5.2. Valutazione degli errori	7
5.2.1. Errore introdotto da Iref	8
5.2.2. Errore introdotto da V_t	8
5.2.3. Errore introdotto da ΔV_{be}	8
5.3. Considerazioni finali	9

1. INTRODUZIONE

Il sintetizzatore Germinimal è un dispositivo orientato al basso costo e di facile realizzazione, come idea iniziale.

Questo documento è stato redatto proprio per evidenziare le problematiche che si potrebbero presentare in fase di realizzazione.

2. STRUTTURA DEL KEYBOARD CONTROLLER

La struttura su cui si basa la cartella Keyboard Controller è quella illustrata nella figura di seguito:

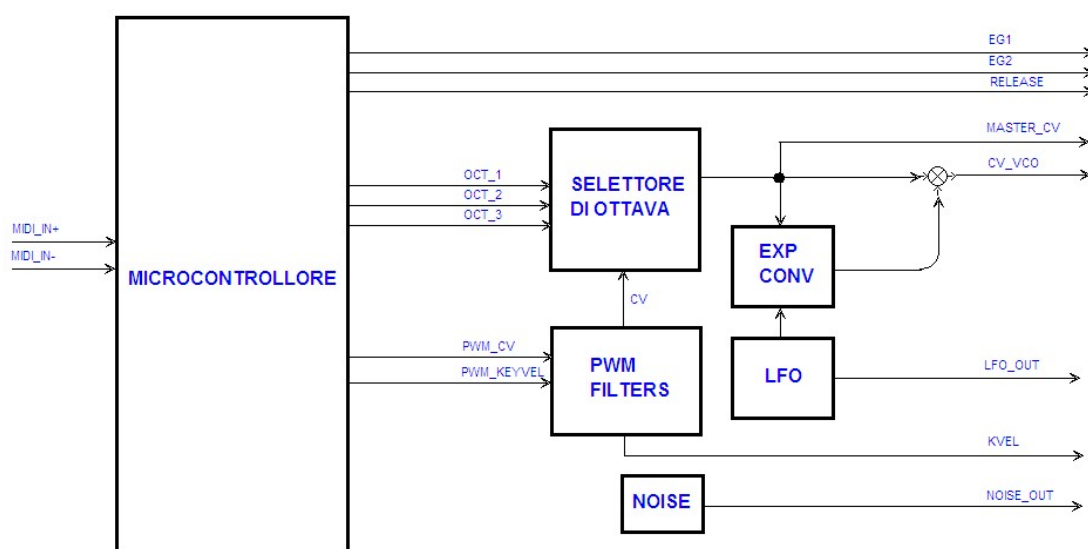


Figura 1

Come si può notare si tratta in realtà di un convertitore da MIDI a CV con alcune funzioni aggiuntive.

Il microcontrollore riceve il protocollo midi, e genera i segnali corrispondenti (Pitch, Kvel).

Il valore di tensione corrispondente alla nota scelta, è realizzato mediante conversione PWM, per le 12 note più alte, e successivamente diviso (tramite partitore resistivo), per arrivare al valore finale.

La tensione così elaborata viene anche utilizzata per modulare il segnale di LFO, la somma dei due (tensione + LFO modulato) costituisce il valore inviato ai tre VCO.

Anche il valore di Key Velocity viene generato tramite PWM, e reso disponibile alle altre schede.

Il microcontrollore è inoltre il gestore dei generatori di involuppi, tramite i segnali EG1, EG2 e RELEASE.

3. MICROCONTROLLORE

E' un po' il cuore di tutto il sistema, ed è realizzato da un PIC16F76.

3.1. MIDI

Data la natura "minimale" del progetto, il microcontrollore:

1. Non riconosce i canali MIDI (del resto con tutti gli expander MIDI che esistono oggi non ha più senso).
2. Riconosce unicamente i messaggi di NOTA ON, NOTA OFF e PITCH BEND.
3. Vengono presi in considerazione solo le note delle quattro ottave centrali (valori da 36 a 84).

3.2. Control Voltage

La tensione di controllo è generata mediante uno dei due PWM presenti all' interno del microcontrollore, ed ha una risoluzione di 10bit.

Partendo dal valore più alto (1023), a scalare vengono generati gli altri valori in modo da coprire l' ottava più alta.

NOTA	VALORE TEORICO	VALORE REALE	ERRORE %
DO	1023	1023	0
SI	965,583	966	-0,04%
LA#	911,389	911	-0,04%
LA	860,237	860	-0,027%
SOL#	811,9556	812	0,005%
SOL	766,3840	766	-0,05%
FA#	723,370	723	-0,05%
FA	682,770	683	0,034%
MI	644,449	644	-0,07%
RE#	608,279	608	-0,046%
RE	574,139	574	-0,02%
DO#	541,915	542	0,016%
DO	511,5	512	0,09%

3.3. Pitch-Bend

Come si vede tabellando i 12 valori delle note superiori si ottengono le note desiderate, se invece di spaziare gli intervalli alla cadenza di 1/12, si passa a dei sottomultipli ad esempio 1/16 o 1/32 di dodicesimo, si possono ottenere dei valori da utilizzare per le variazioni di pitch-bend.

3.4. Generazione delle tensioni di controllo

La serie di valori riguardante la tensione di controllo, viene inglobata in una tabella, 192 word o 384 a seconda della granularità che si vuole usare col pitch-bend.

Il messaggio di PITCH-BEND, viene trattato nel seguente modo:

- Viene riconosciuta la polarità
- Viene limitato il campo a 5 o 6 bit (secondo la granularità desiderata)

Il messaggio di NOTE ON, viene trattato nel seguente modo:

- Viene limitato il campo ai valori da 36 a 84.
- Il valore di Pitch-Bend viene sommato (o sottratto) al valore della nota.
- Il dato viene diviso in due pacchetti: uno di 3 Bit come selettore di ottava, l'altro come puntatore alla tabella valori note.
- Per ogni dato della tabella sono presenti i valori della tensione di controllo della nota.

Quanto detto deve tenere conto che la variazione massima di Pitch-Bend vale ± 1 tono. In ogni modo il valore finale non deve mai uscire dal range 36-84 (viene effettuato un clamping software).

Il valore ricavato dalla tabella è quello inviato ai PWM, il valore di ottava viene trasmesso al partitore Selettore di Ottava.

Analogamente alla generazione della tensione di comando dei Vco, la tensione di controllo del Key Velocity viene realizzata utilizzando il dato originale come puntatore ad una tabella contenente una serie di valori con andamento esponenziale (127 Byte).

3.4.1. Filtri PWM

La tensione di controllo (ottava superiore), e il Key Velocity, vengono trasformati in tensioni continue da due filtri passa basso a 4 poli.

3.4.2. Selettore di ottava

La tensione di controllo dei Vco, viene divisa per 2, 4, 8 e 16, da un partitore resistivo di alta precisione (0,05%, 10ppm/°C per altro non necessaria).

Mediante tre bit (OCT_1 ÷ OCT_3), il microcontrollore comanda un multiplexer analogico, selezionando di fatto l'ottava desiderata.

4. NOISE GENERATOR

Il classico circuito utilizzante la giunzione base-emettitore di un transistor. Non ho fatto alcuna prova in merito, è quindi suscettibile a modifiche.

5. LFO

E' di fatto il circuito utilizzato sul KORG MS10 (poi migliorato sull' MS20). Questo tipo di circuito permette due regolazioni:

- La frequenza di oscillazione
- Il duty-cycle

Il segnale generato è utilizzato per la modulazione dei VCO e del VCF. In entrambi i casi il segnale deve comunque subire un ulteriore trattamento, in quanto la sua ampiezza, e quindi la profondità di modulazione, deve seguire la relazione esponenziale della tensione di comando.

Per quanto riguarda la modulazione del VCF, il segnale di LFO viene trattato sulla scheda VCFAEG.

Per quanto riguarda la modulazione dei VCO, il segnale di LFO viene processato all'interno di questa scheda.

5.1. Modulazione esponenziale dell' LFO

Lo schema utilizzato è una variante di quanto già sfruttato sui sintetizzatori KORG MS10 e MS20.

La figura di seguito illustra il principio di funzionamento:

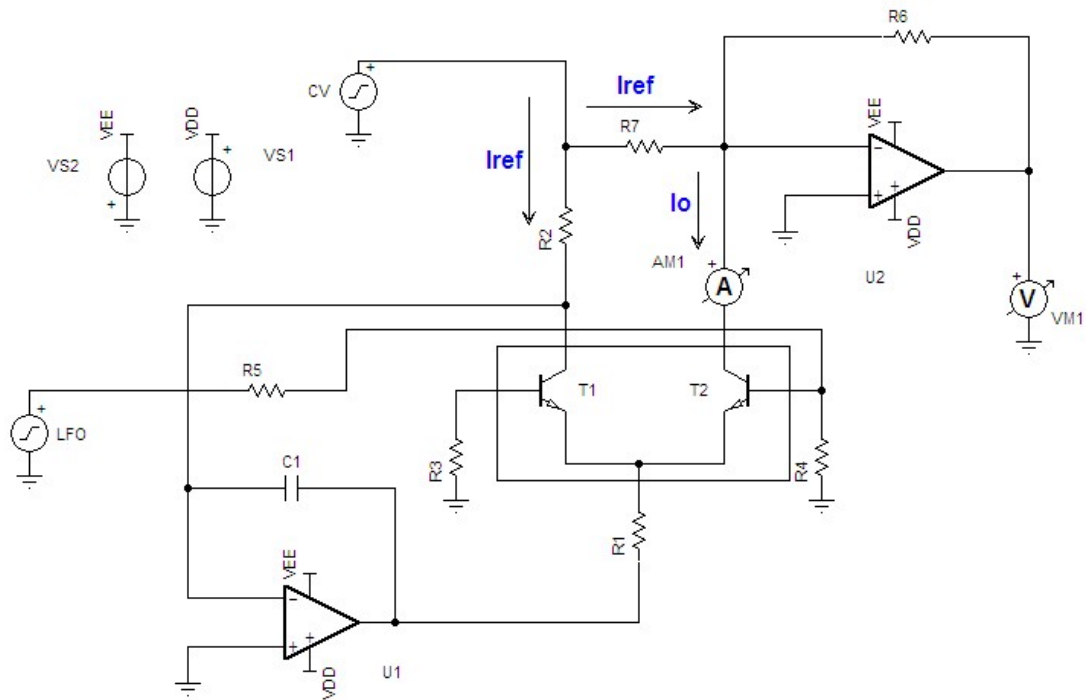


Figura 2

Il circuito è piuttosto semplice, si tratta del solito convertitore esponenziale, la cui corrente di uscita vale:

$$I_o = I_{ref} \cdot e^{\left(\frac{\Delta V_{be}}{V_T}\right)}$$

Occorre tenere presente che $R2=R7$, quindi la corrente I_{ref} sarà uguale nei due rami e dipenderà direttamente dalla tensione di comando dei VCO (CV).

Se si mantiene:

$$\Delta V_{be} = 0$$

Allora :

$$I_o = I_{ref}$$

In pratica uno specchio di corrente, ed essendo I_o contraria alla I_{ref} che attraversa R_7 , l'uscita dell'amplificatore U2 sarà di 0V.

A questo punto se si fa variare la ΔV_{be} con un segnale simmetrico rispetto allo 0, in uscita dell'amplificatore U2 si avranno solo le modulazioni e l'annullamento della tensione continua.

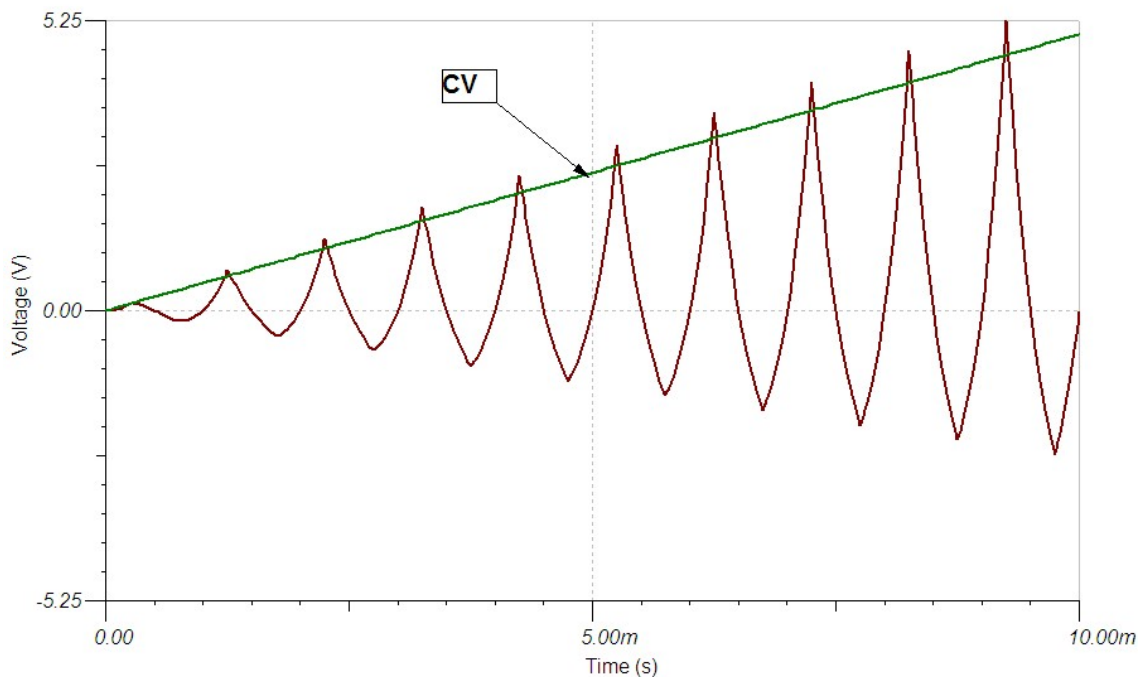


Figura 3

Nella figura precedente è illustrata una simulazione del circuito di Fig. 2, dove viene utilizzato un segnale triangolare, come LFO, ad ampiezza costante, e il tutto viene modulato da una tensione di controllo variabile, in modo lineare, da 0 a 5V. Si può osservare come la tensione triangolare dell'LFO venga convertita nella caratteristica esponenziale.

5.2. Valutazione degli errori

Ovviamente il circuito non è esente da errori, sia di offset degli operazionali, che dalle derive provocate dalla variazione di temperatura.

Prendendo in esame lo schema di Fig. 2, si può dire che:

$$V_o = -R_6(I_{ref} - I_o) \quad (1)$$

E quindi:

$$V_o = -R_6 \left\{ I_{ref} - \left[I_{ref} \cdot e^{\left(\frac{\Delta V_{be}}{V_T} \right)} \right] \right\} \quad (2)$$

Per valutare la Formula (2), occorre derivarla per le variabili che ci interessano.

5.2.1. Errore introdotto da Iref

La sensitività dell' uscita in base alle variazioni di Iref è:

$$\frac{dV_o}{dI_{ref}} = -R_6 \left[1 - e^{\left(\frac{\Delta V_{be}}{V_T}\right)} \right] \quad (3)$$

Se come si è detto si mantiene $\Delta V_{be}=0$, non si hanno variazioni della tensione di uscita dovute alle variazioni della Iref.

Questo porta ad alcune considerazioni:

- 1) Occorre che ΔV_{be} sia effettivamente uguale a 0, quindi introducendo una taratura sulla coppia differenziale.
- 2) La corrente Iref dipende dalle due resistenze R2 e R7, quindi occorre che siano il più precise possibili e abbiano una bassa deriva termica.
- 3) La presenza di una tensione di offset sugli ingressi di U2, benché non crea grossi problemi per alte tensioni di controllo, può esserlo per basse tensioni. Anche in questo caso conviene inserire una regolazione per annullarla.

5.2.2. Errore introdotto da Vt

La sensitività introdotta dalla variazione di Vt è:

$$\frac{dV_o}{dV_T} = -R_6 \cdot I_{ref} \cdot \frac{\Delta V_{be}}{V_T^2} \cdot e^{\left(\frac{\Delta V_{be}}{V_T}\right)} \quad (4)$$

Anche in questo caso se $\Delta V_{be}=0$ non si hanno variazioni della tensione di uscita, questo è però un paradosso perché la ΔV_{be} è dipendente dalle variazioni di temperatura e come si vedrà è da considerare.

5.2.3. Errore introdotto da ΔV_{be}

La sensitività introdotta da ΔV_{be} è:

$$\frac{dV_o}{d\Delta V_{be}} = R_6 \cdot \frac{I_{ref}}{V_T} \cdot e^{\left(\frac{\Delta V_{be}}{V_T}\right)} \quad (5)$$

Anche in questo caso se si considera che inizialmente $\Delta V_{be}=0$, la formula (5) diventa:

$$\frac{dV_o}{d\Delta V_{be}} = R_6 \cdot \frac{I_{ref}}{V_T} \quad (6)$$

5.3. Considerazioni finali

A questo punto occorre tenere conto della coppia differenziale usata.

La coppia utilizzata in questo lavoro è il 2N2223A, che non ha grandi caratteristiche:

- Offset = 5mV
- $\Delta V_{be}/^{\circ}\text{C}(\text{max}) = 25\mu\text{V}$

L' offset è ovviamente recuperabile, non è così per la variazione della ΔV_{be} .

Con il valore di ΔV_{be} proposto, la variazione della tensione di uscita rispetto allo zero è di circa 970ppm/ $^{\circ}\text{C}$ (0,097%).

Il valore trovato con i calcoli, è innanzi tutto legato ad un valore di variazione massima (il datasheet indica solo quello), sicuramente la situazione sarà migliore di quella considerata.

Per migliorare il circuito sarebbe possibile utilizzare anche solo un transistor array tipo CA3046, in questo caso la deriva della ΔV_{be} sarebbe limitata a 1,1 $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ (tipici).

Deve anche essere considerato che la deriva della ΔV_{be} , contribuisce come componente continua sulla tensione di controllo, e l' uscita della conversione esponenziale è regolata da un potenziometro, quindi se si sfrutta la modulazione della tensione di controllo solo come vibrato (o comunque variazioni non troppo accentuate), viene di conseguenza ridotta anche l' incidenza dell' errore introdotta dalla ΔV_{be} .