

Corso di
ELETTRONICA INDUSTRIALE

INVERTER TRIFASE
A TENSIONE IMPRESSA

Principi di funzionamento di invertitori trifase a tensione impressa

Principi di funzionamento di invertitori trifase a tensione impressa

- **Struttura e funzionamento dell'invertitore trifase di tensione**

Principi di funzionamento di invertitori trifase a tensione impressa

- Struttura e funzionamento dell'invertitore trifase di tensione
- **Struttura e funzionamento dell'invertitore monofase a ponte**

Principi di funzionamento di invertitori trifase a tensione impressa

- Struttura e funzionamento dell'invertitore trifase di tensione
- Struttura e funzionamento dell'invertitore monofase a ponte
- Tensioni di fase, stellate e concatenate

Principi di funzionamento di invertitori trifase a tensione impressa

- Struttura e funzionamento dell'invertitore trifase di tensione
- Struttura e funzionamento dell'invertitore monofase a ponte
- Tensioni di fase, stellate e concatenate
- Modulazioni della tensione di centro stella: iniezione di terza armonica e "Flat-Top"

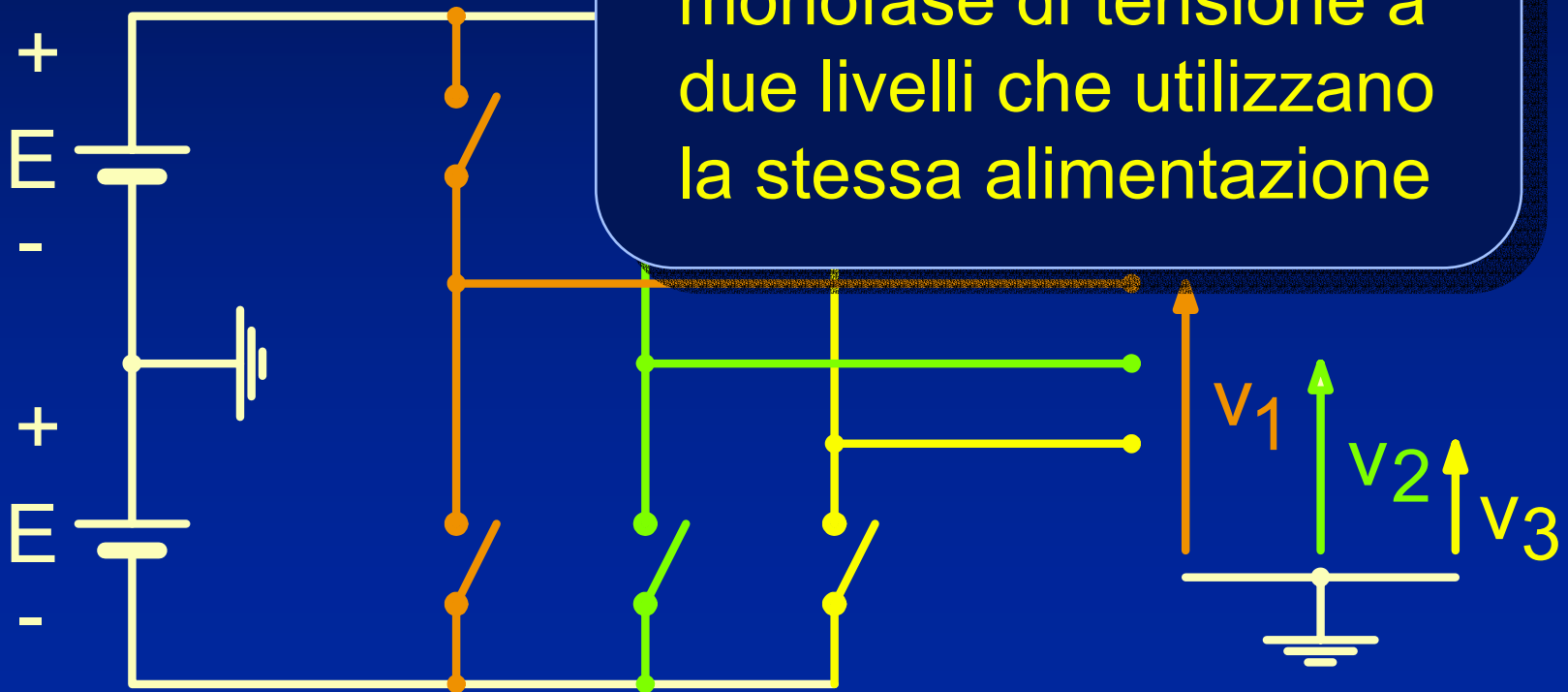
Principi di funzionamento di invertitori trifase a tensione impressa

- Struttura e funzionamento dell'invertitore trifase di tensione
- Struttura e funzionamento dell'invertitore monofase a ponte
- Tensioni di fase, stellate e concatenate
- Modulazioni della tensione di centro stella: iniezione di terza armonica e "Flat-Top"
- Modulazione ad onda quadra ("six step")

Invertitore trifase

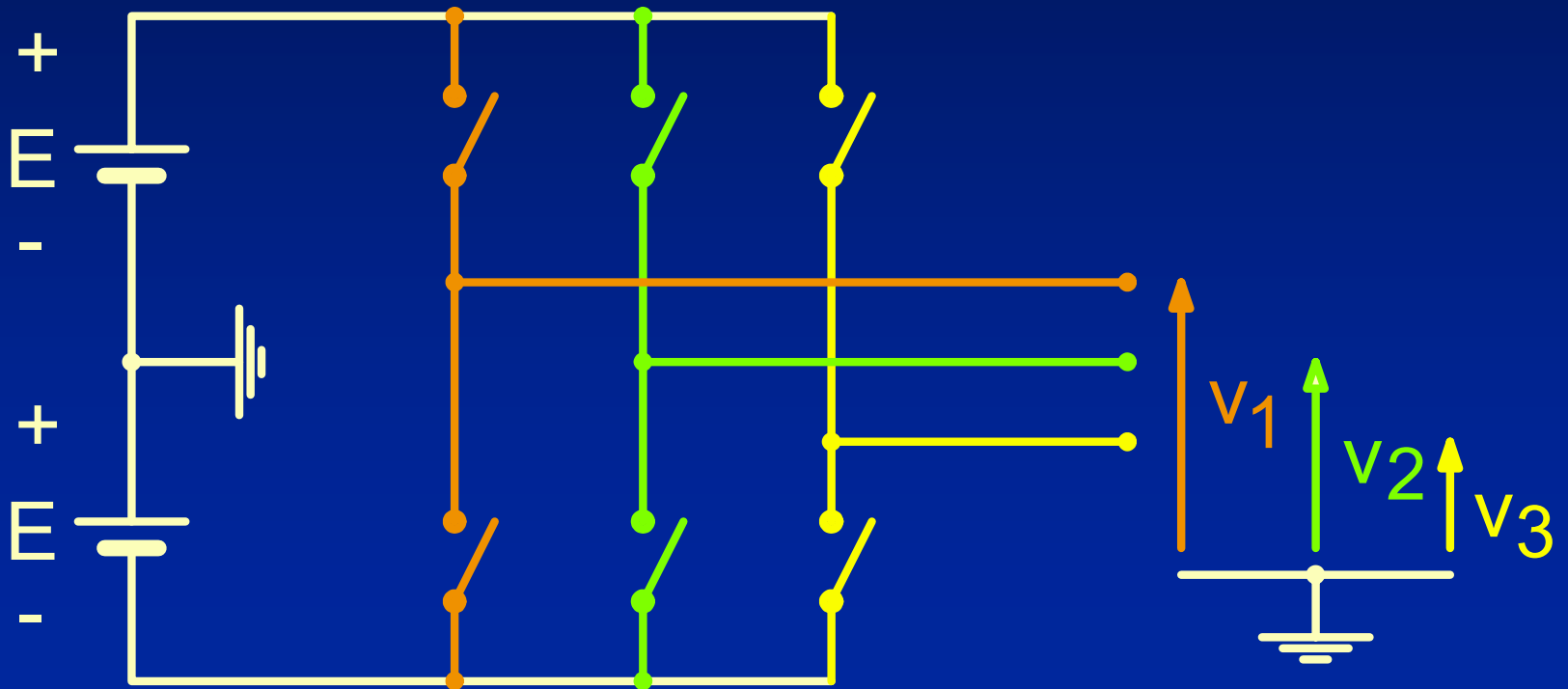
Generazione di tre

Si ottiene un invertitore trifase di tensione a PWM con tre invertitori monofase di tensione a due livelli che utilizzano la stessa alimentazione

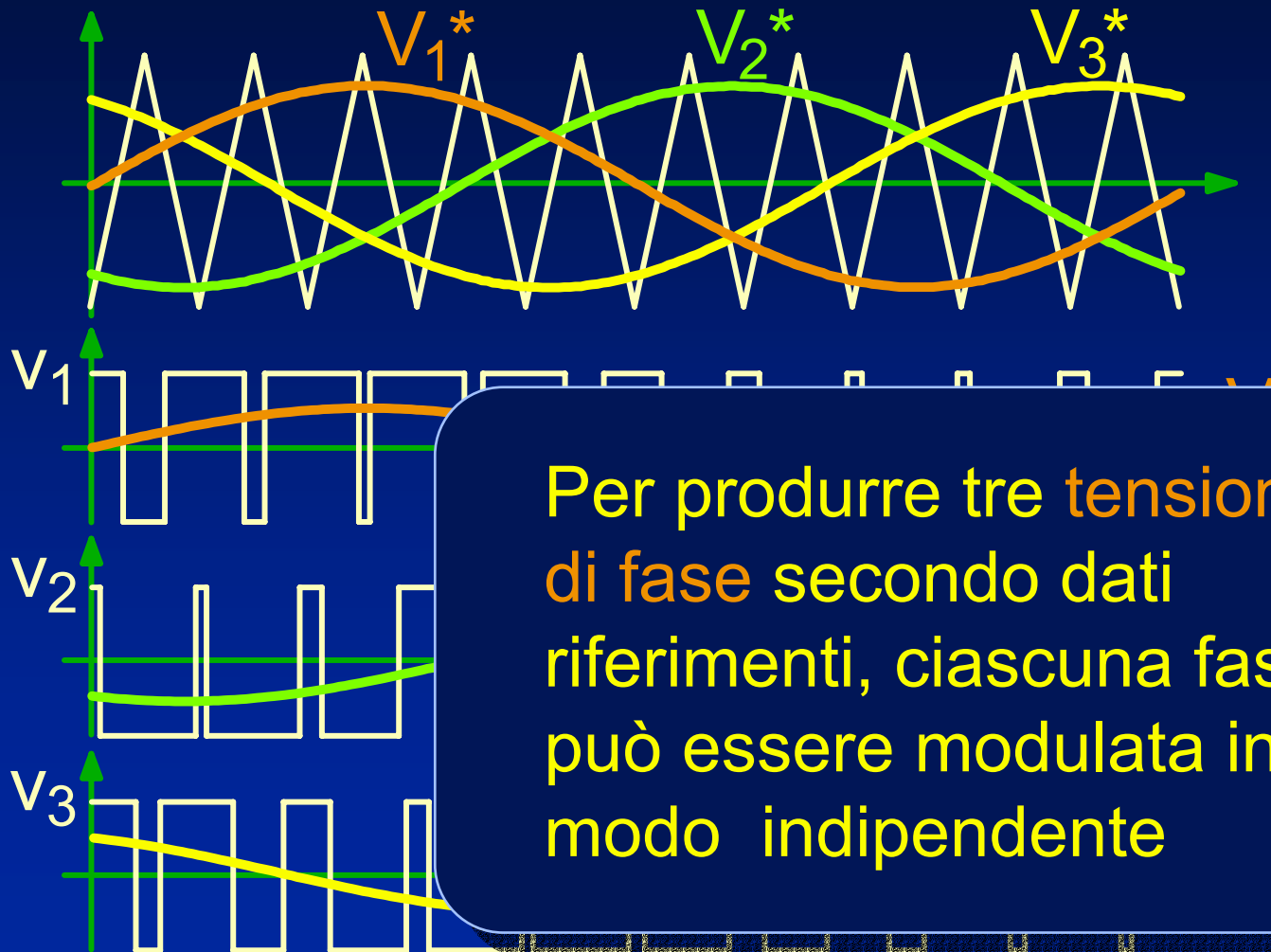


Invertitore trifase di tensione a PWM

Generazione di tre tensioni indipendenti a due livelli

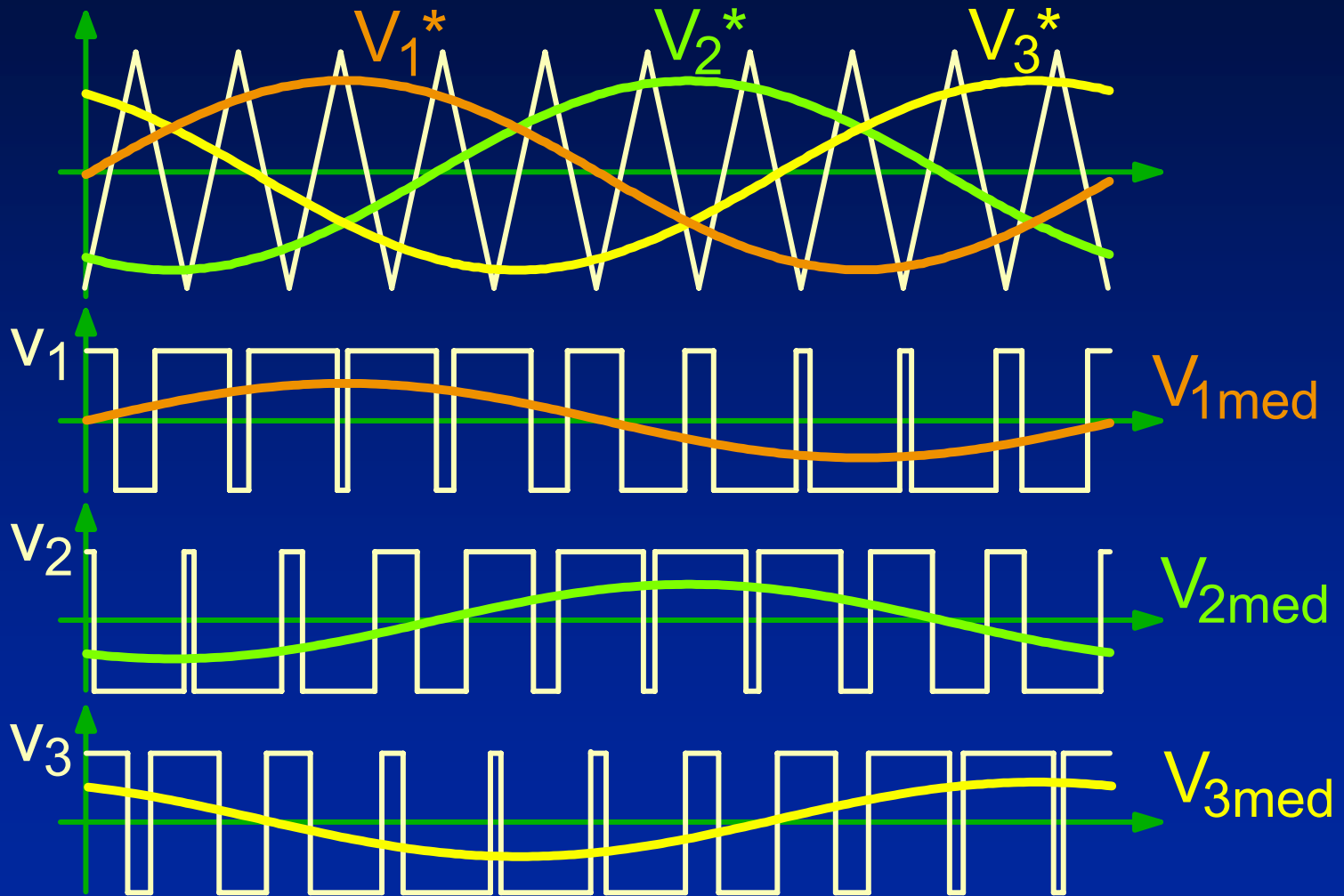


Invertitore trifase di tensione a PWM

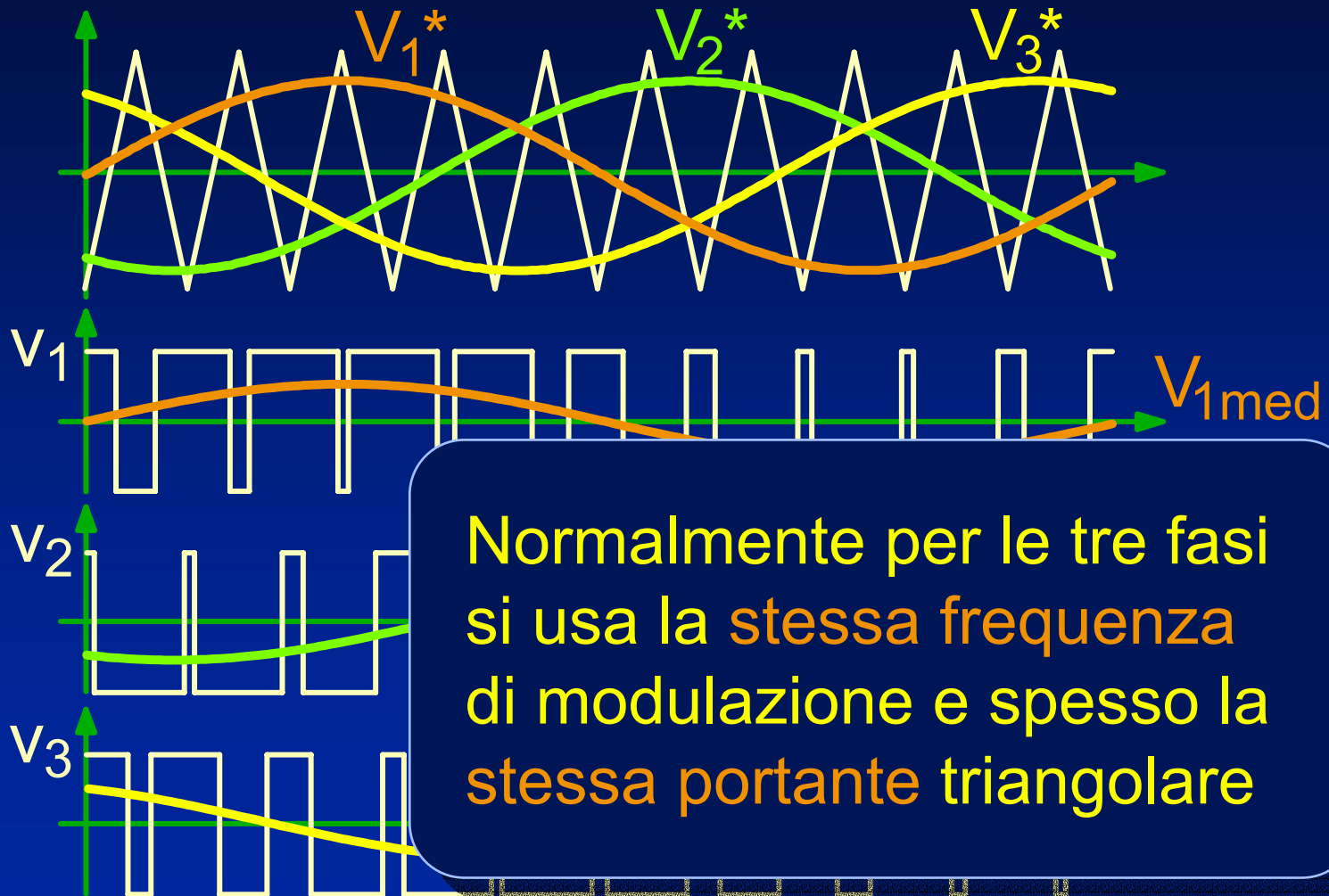


Per produrre tre tensioni di fase secondo dati riferimenti, ciascuna fase può essere modulata in modo indipendente

Invertitore trifase di tensione a PWM

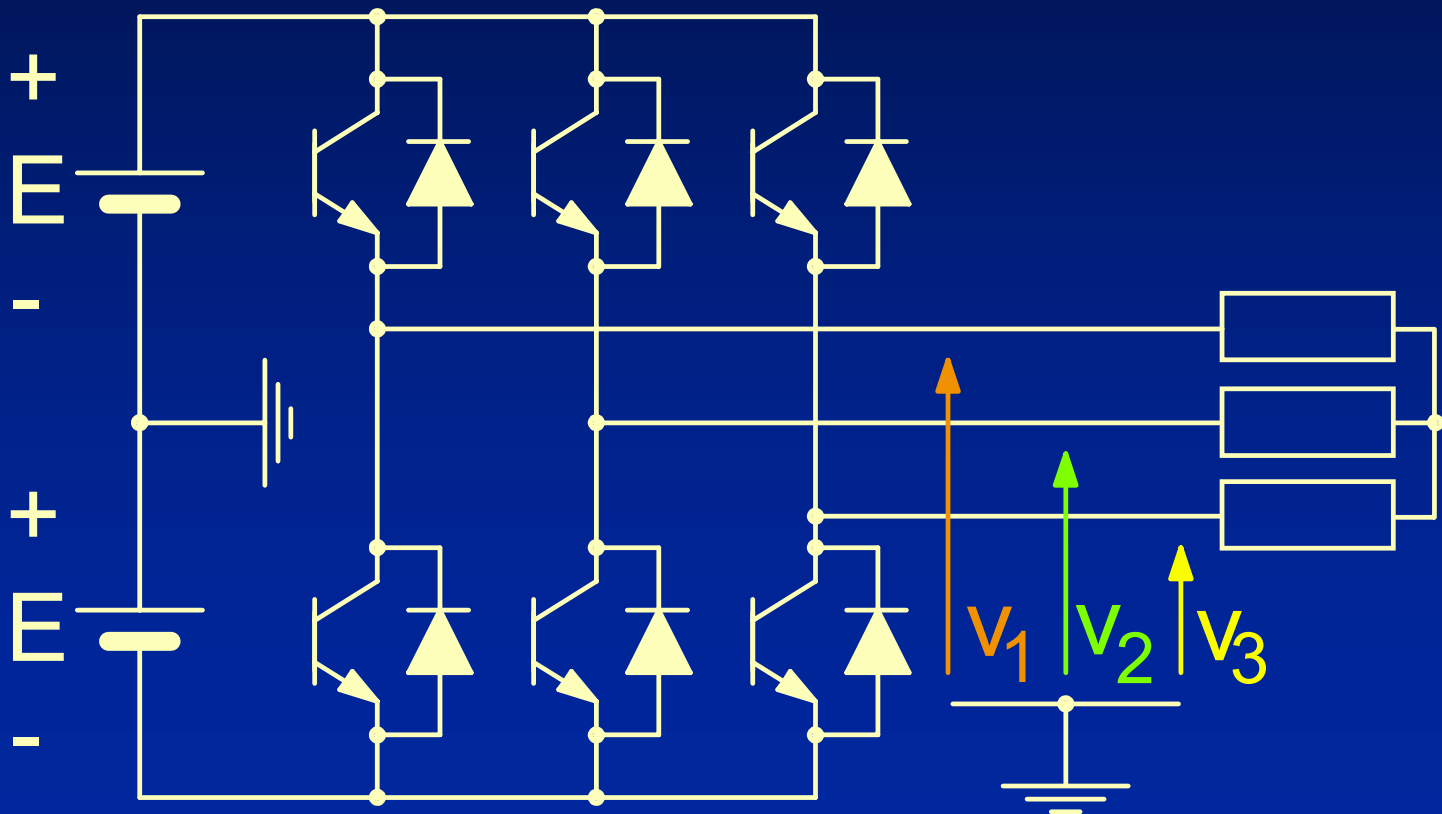


Invertitore trifase di tensione a PWM



Invertitore di tensione trifase a PWM

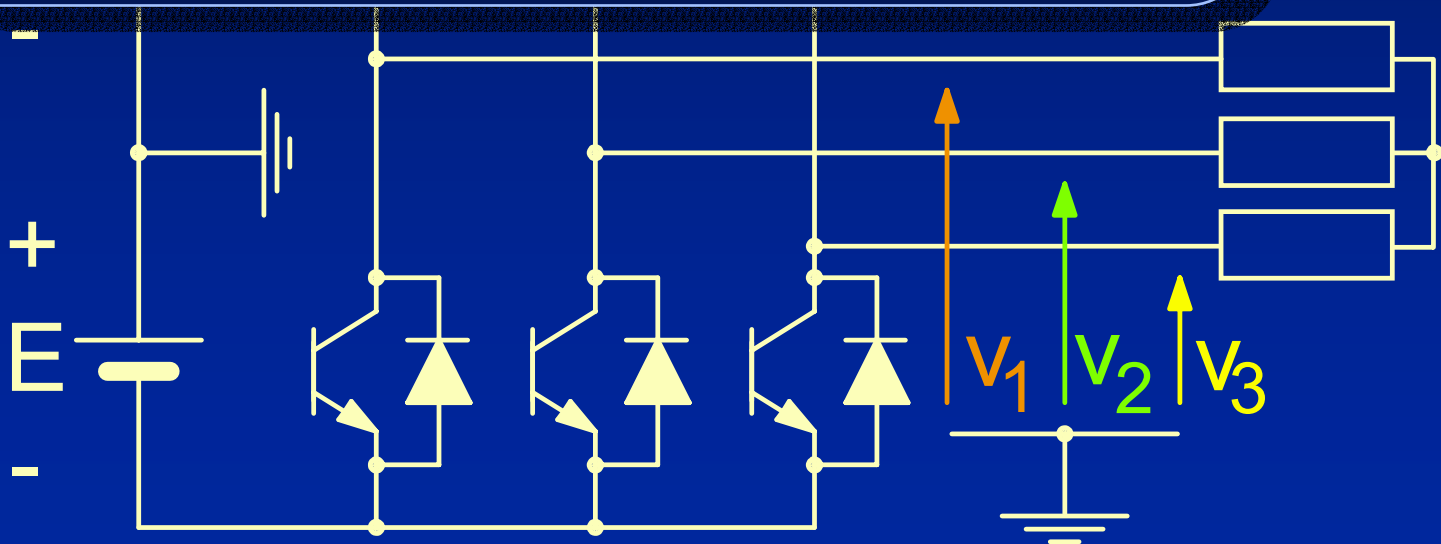
Generazione di tre tensioni indipendenti a due livelli



PWM

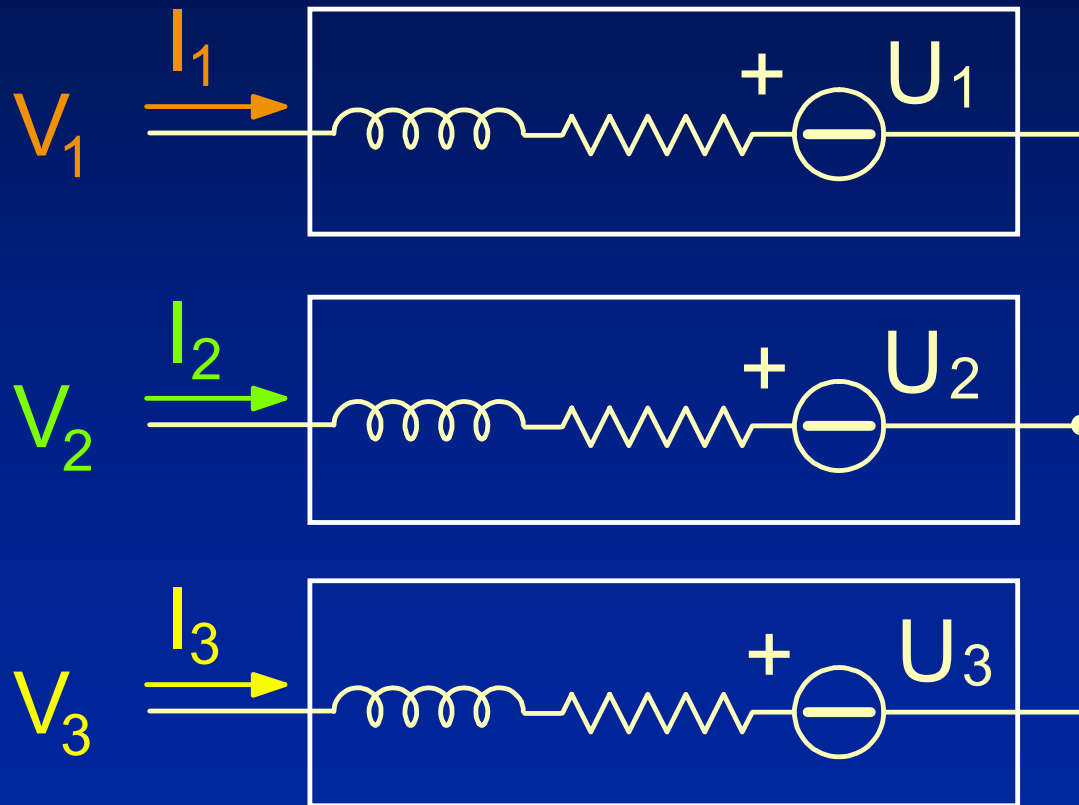
due livelli

Di solito, negli schemi usati negli azionamenti, il carico è connesso a stella, è privo di connessione del centro stella ed è sensibile solo alle tensioni (concatenate) tra le fasi



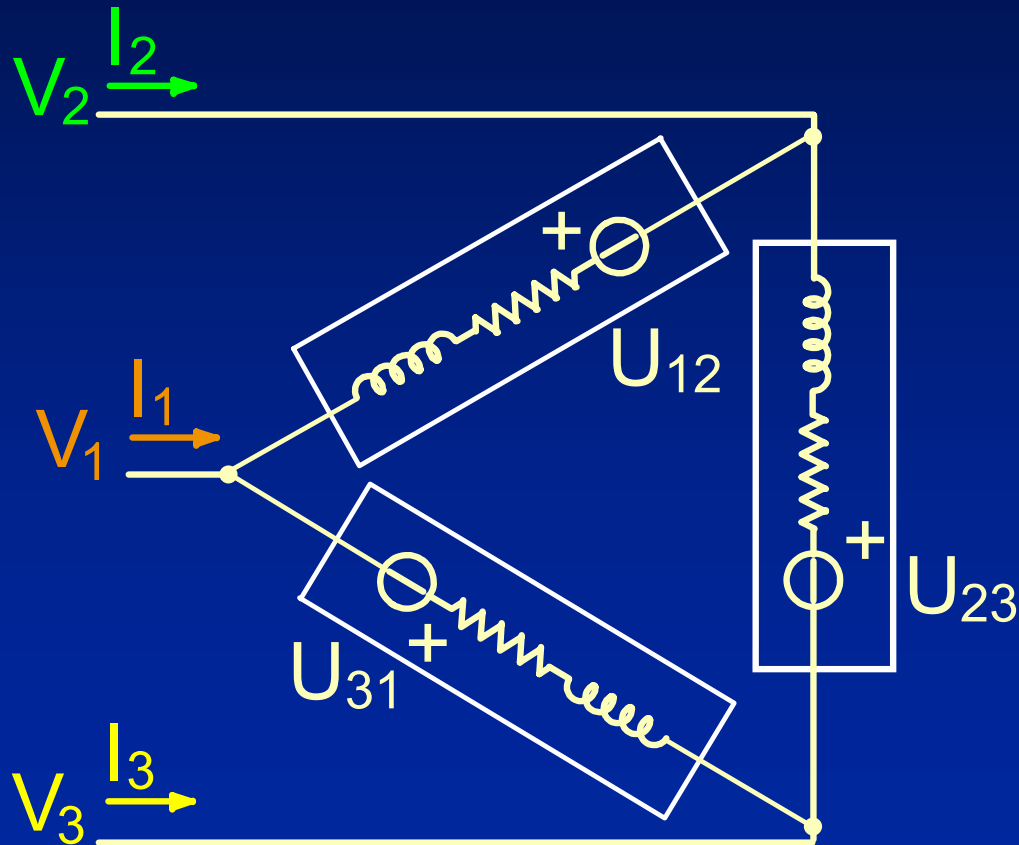
Invertitore di tensione trifase a PWM

Carico resistivo/induttivo con f.e.m. connesso a stella



Invertitore di tensione trifase a PWM

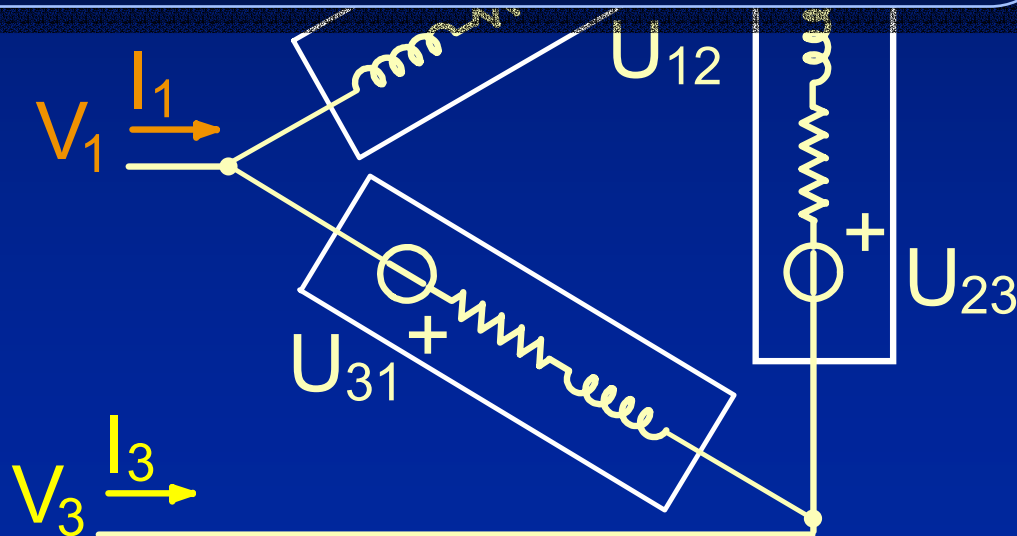
Carico resistivo/induttivo, con f.e.m., a triangolo



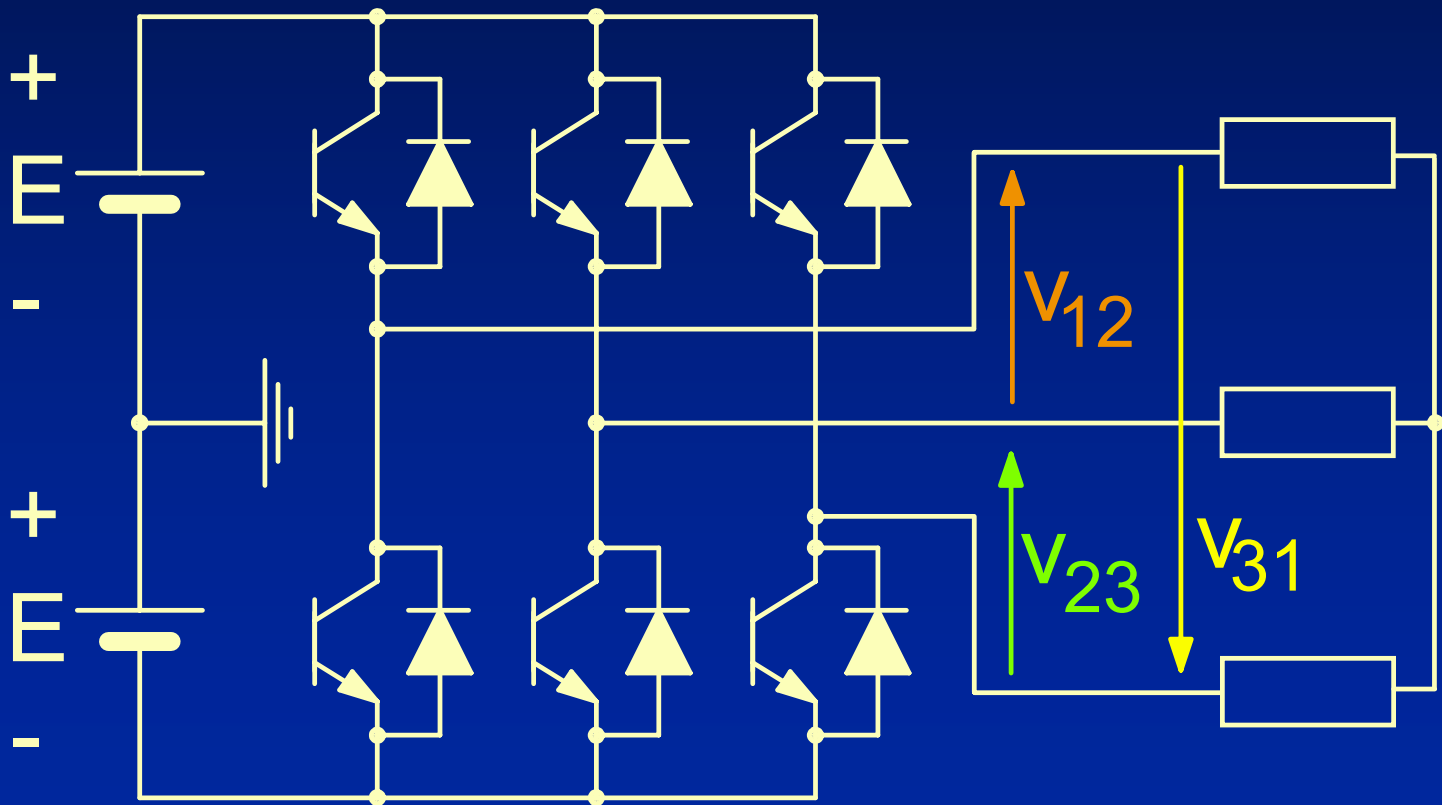
PWM

angolo

Il carico può essere connesso a triangolo; in tal caso il centro stella non esiste. Anche tale carico è sensibile solo alle tensioni concatenate

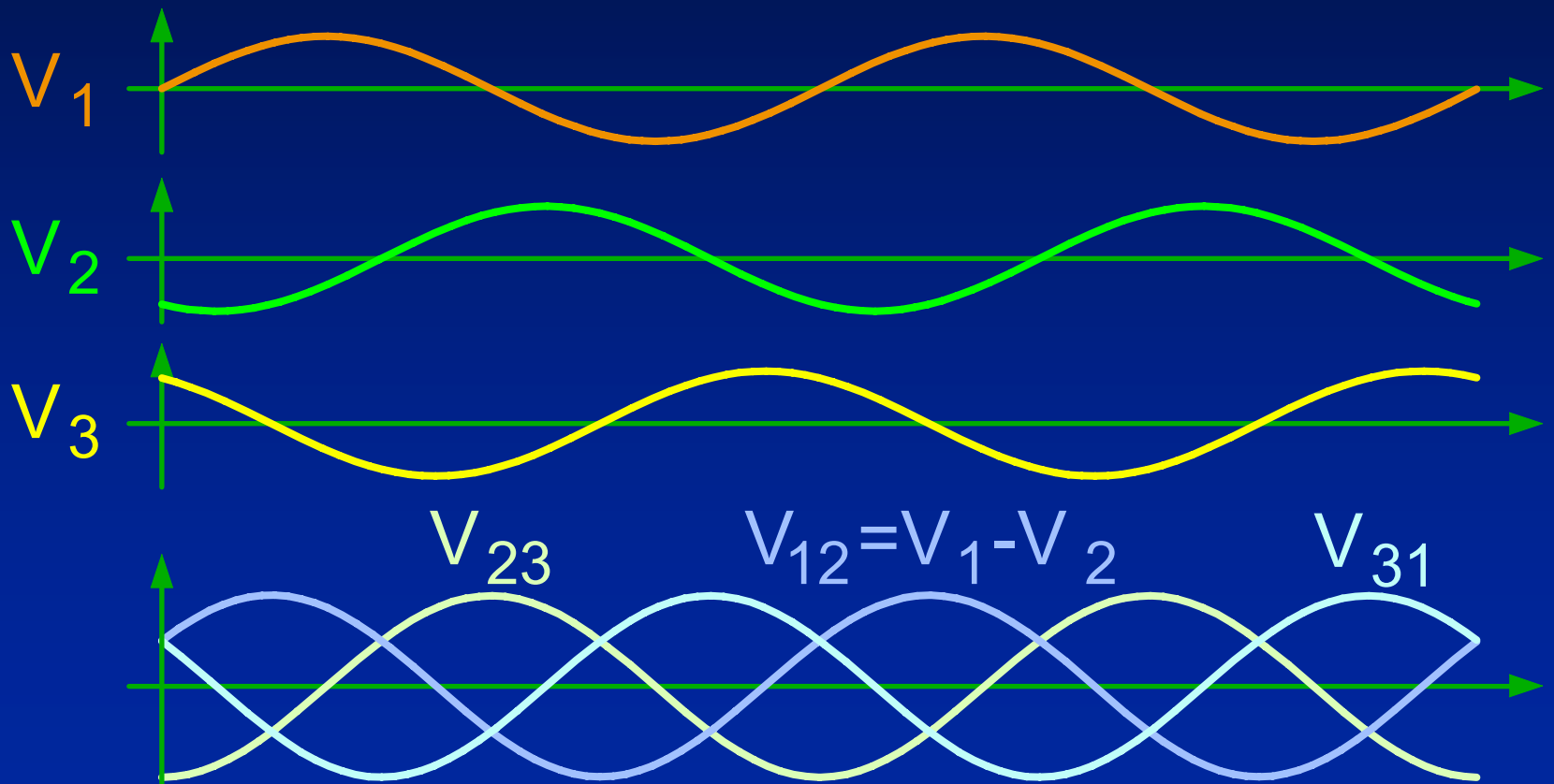


Invertitore trifase di tensione a PWM



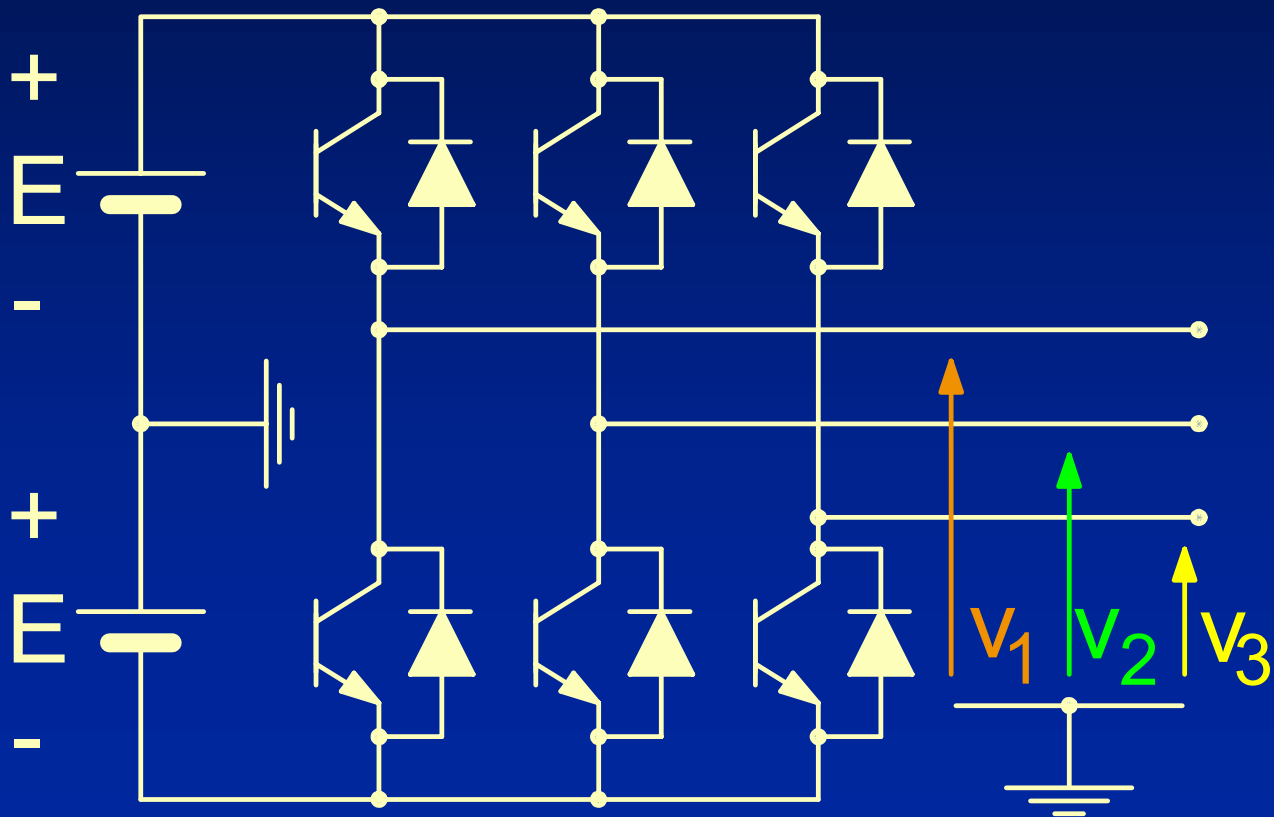
Invertitore trifase di tensione a PWM

Generazione di tre tensioni indipendenti a due livelli



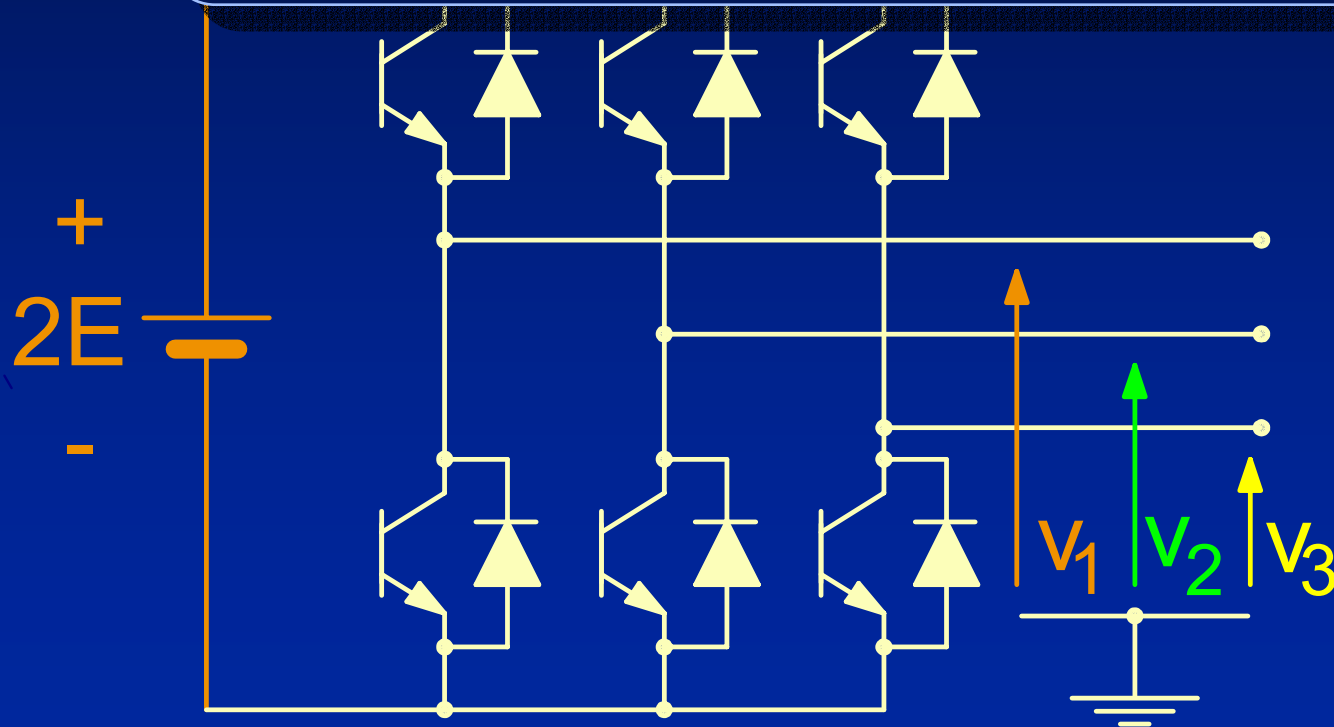
Invertitore di tensione trifase a PWM

Generazione di tre tensioni indipendenti a due livelli



Inve
Generaz

Se il carico è privo di connessione di centro stella si può usare un'unica tensione di alimentazione

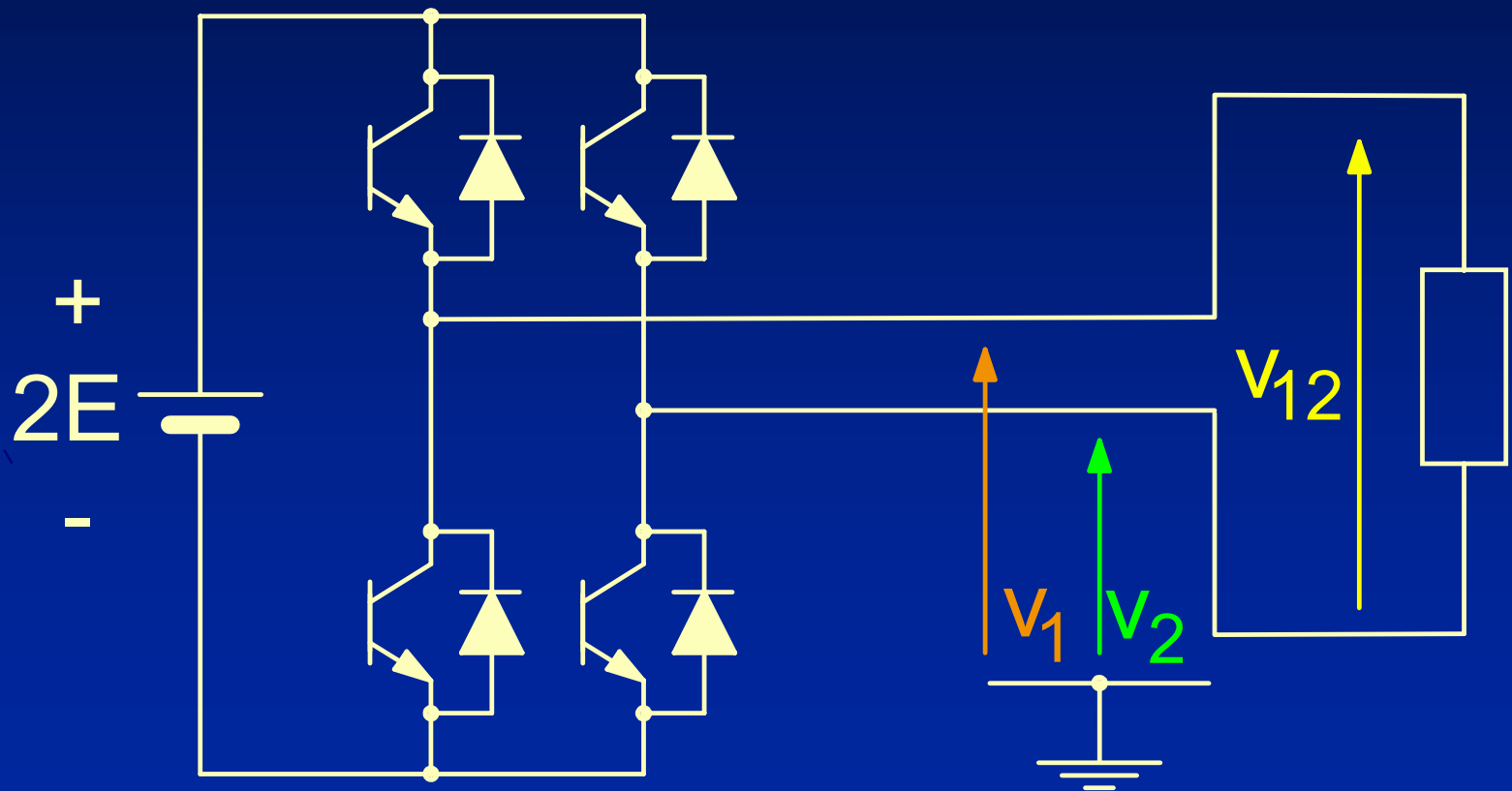


Invertitore di tensione monofase a PWM

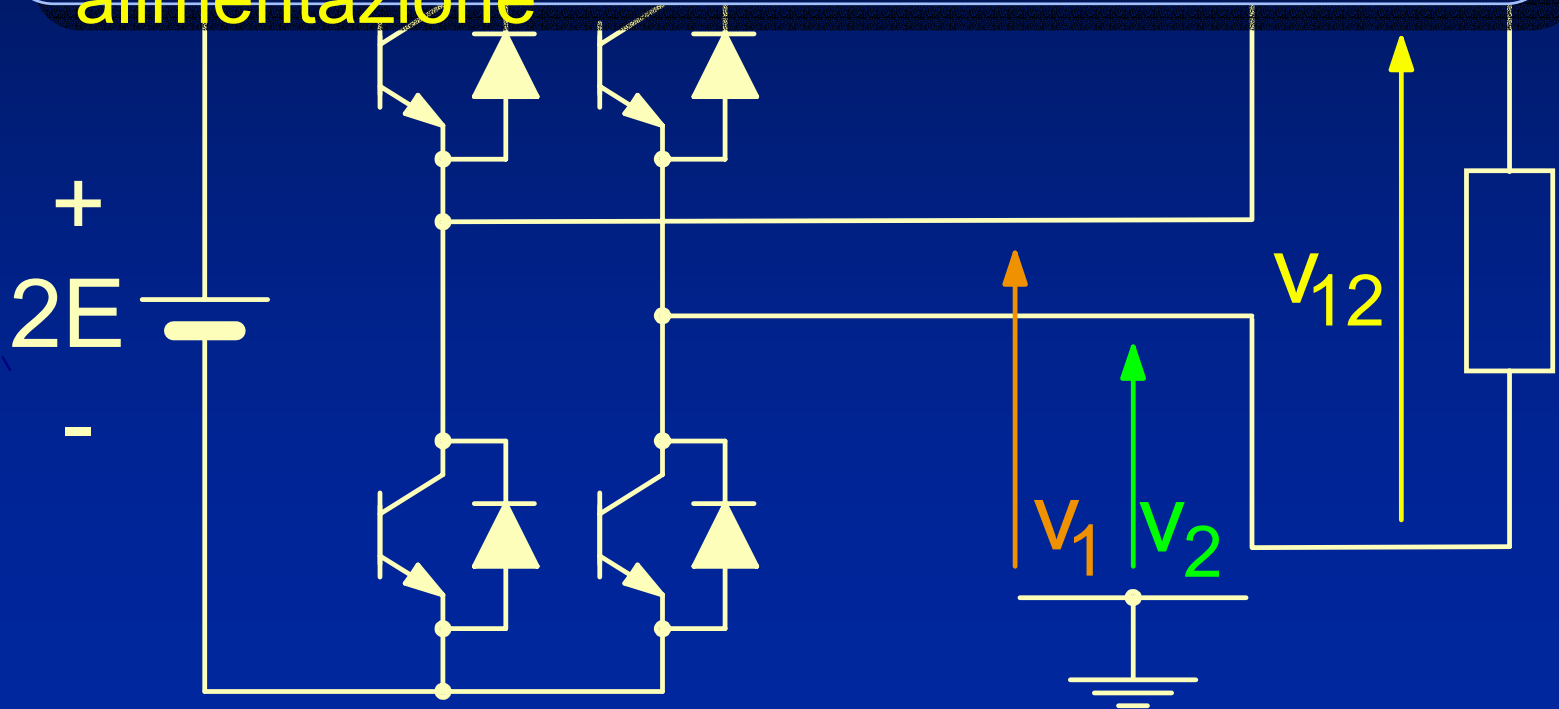
Con procedimento analogo a quello usato per l'invertitore trifase, si può realizzare un invertitore monofase di tensione (a ponte "ad H") unendo due invertitori monofase di tensione a due livelli che utilizzano la stessa alimentazione

Invertitore di tensione monofase a PWM

Generazione di tensione a tre livelli
con alimentazione singola

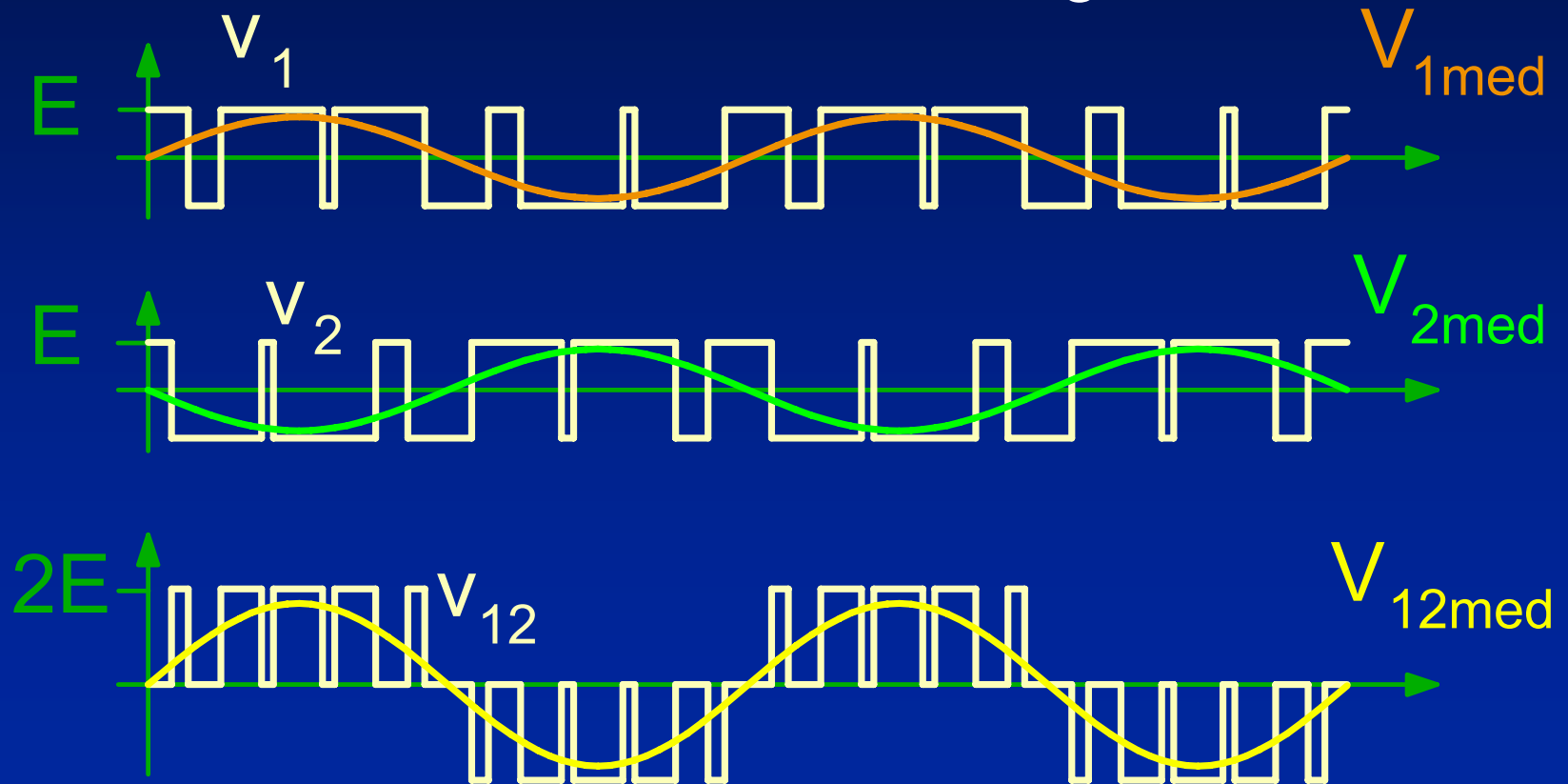


Con opportuna modulazione si ottiene, tra le due fasi, una tensione a tre livelli pur usando un'unica tensione di alimentazione



Invertitore di tensione monofase a PWM

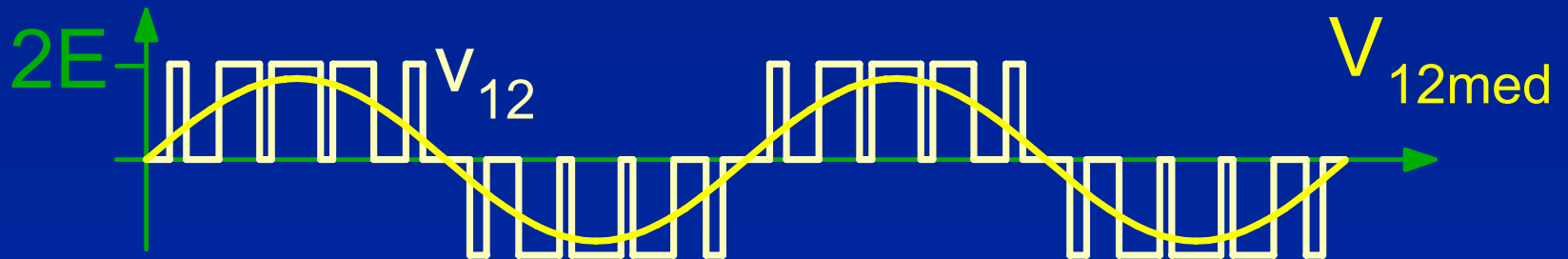
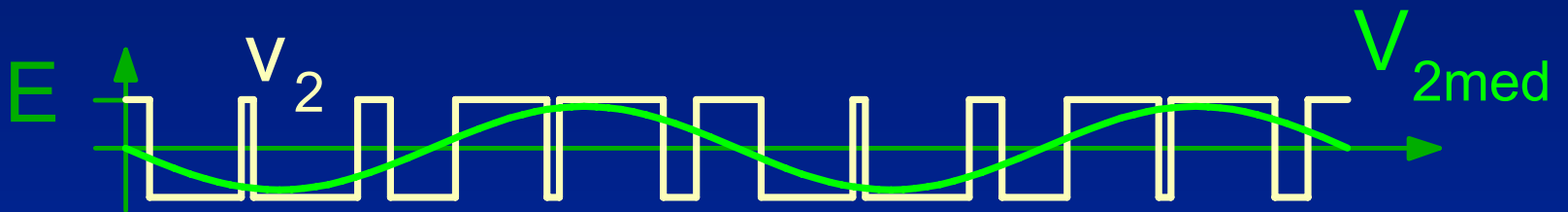
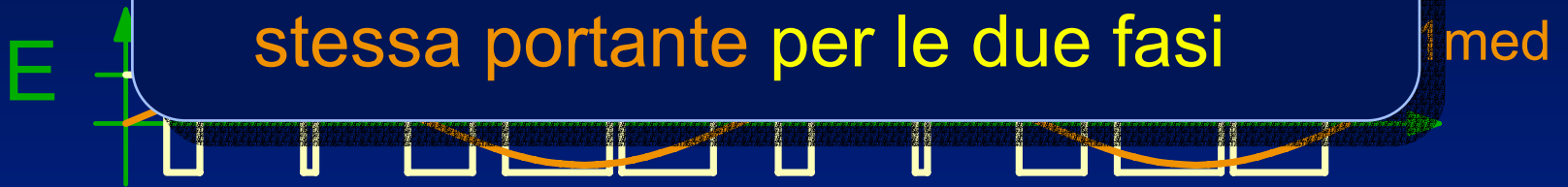
Generazione di tensione a tre livelli
con alimentazione singola



Inv

Le due fasi sono modulate con tensioni di riferimento uguali ed opposte. Normalmente si usa la stessa portante per le due fasi

V_M



Invertitore trifase di tensione a PWM

Modulazione della tensione di centro stella

Sommando una stessa tensione, costante o variabile, ai riferimenti V^* delle tre tensioni di fase:

Invertitore trifase di tensione a PWM

Modulazione della tensione di centro stella

Sommando una stessa tensione, costante o variabile, ai riferimenti V^* delle tre tensioni di fase:

- varia la media (tensione di centro stella delle fasi) delle tre tensioni di fase

Invertitore trifase di tensione a PWM

Modulazione della tensione di centro stella

Sommando una stessa tensione, costante o variabile, ai riferimenti V^* delle tre tensioni di fase:

- varia la **media** (tensione di **centro stella** delle fasi) delle tre tensioni di fase
- **non variano le tensioni concatenate medie**

Invertitore trifase di tensione a PWM

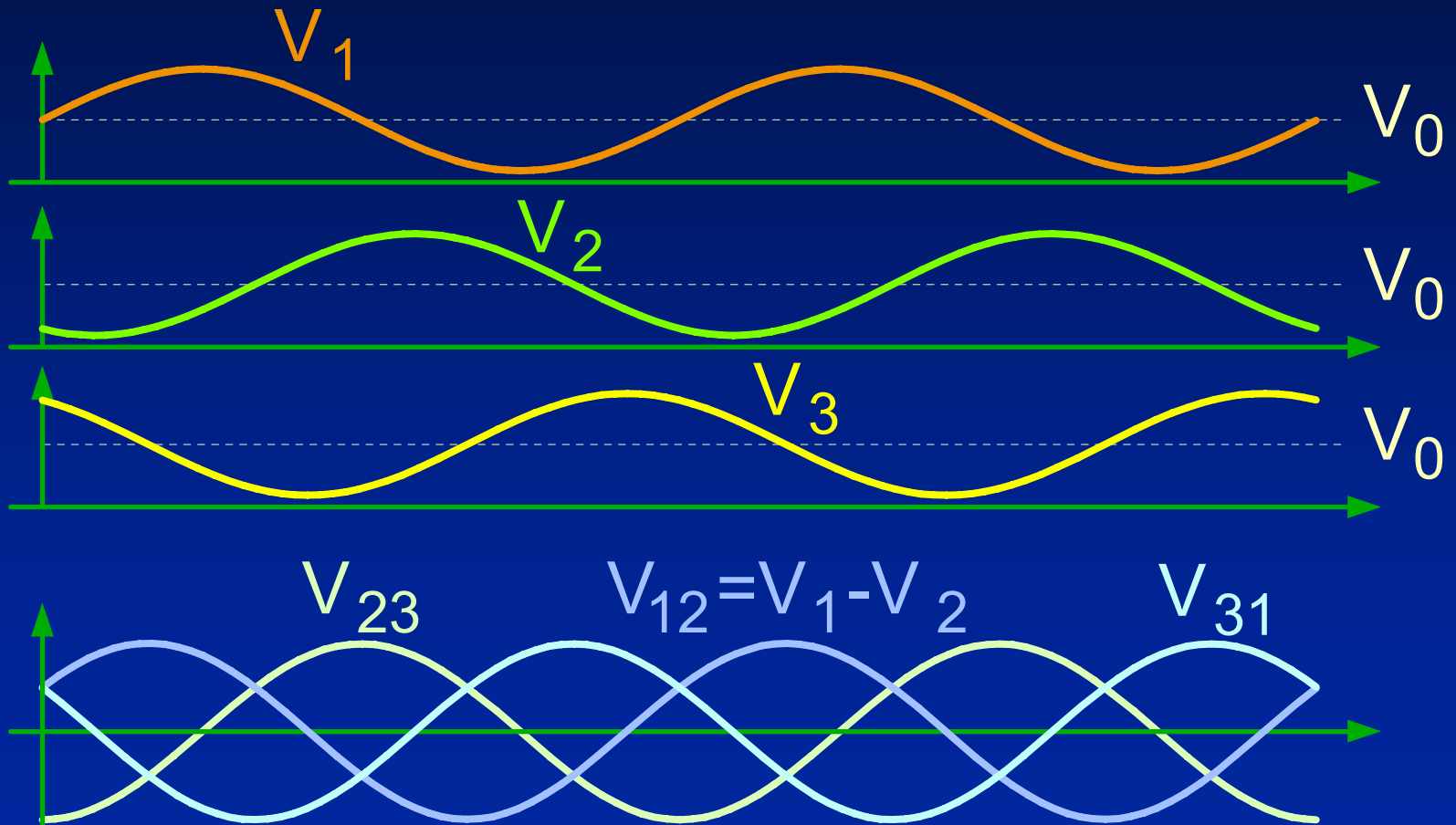
Modulazione della tensione di centro stella

Sommando una stessa tensione, costante o variabile, ai riferimenti V^* delle tre tensioni di fase:

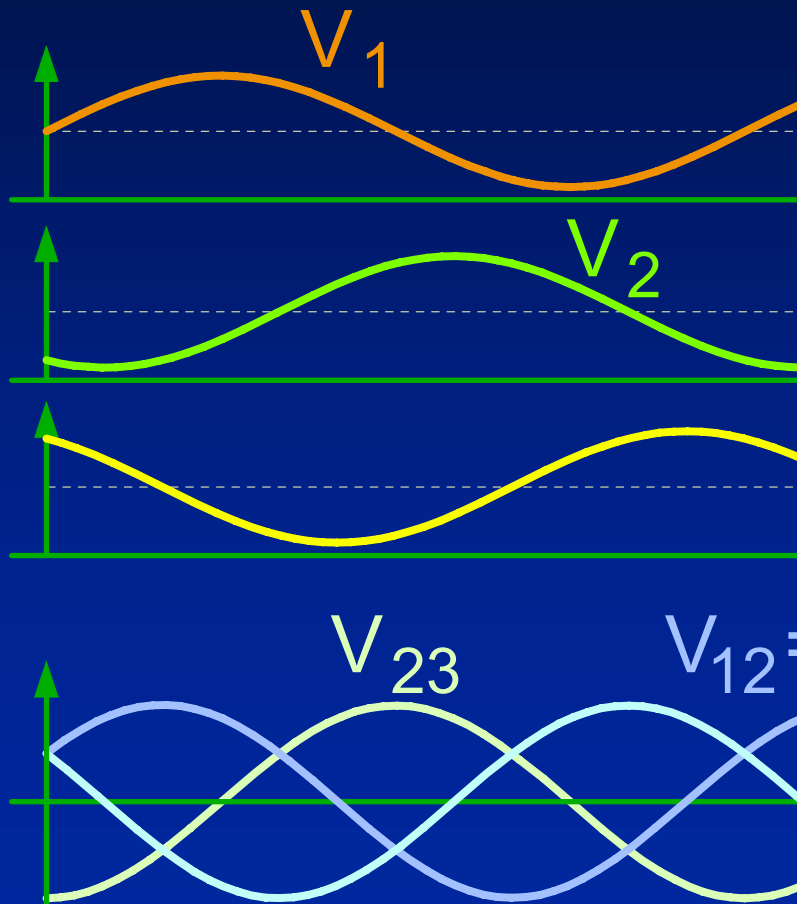
- varia la **media** (tensione di **centro stella** delle fasi) delle tre tensioni di fase
- non variano le tensioni **concatenate medie**
- **variano i “duty-cycle” e le tensioni istantanee delle fasi**

Invertitore trifase di tensione a PWM

Traslazione della tensione del centro stella



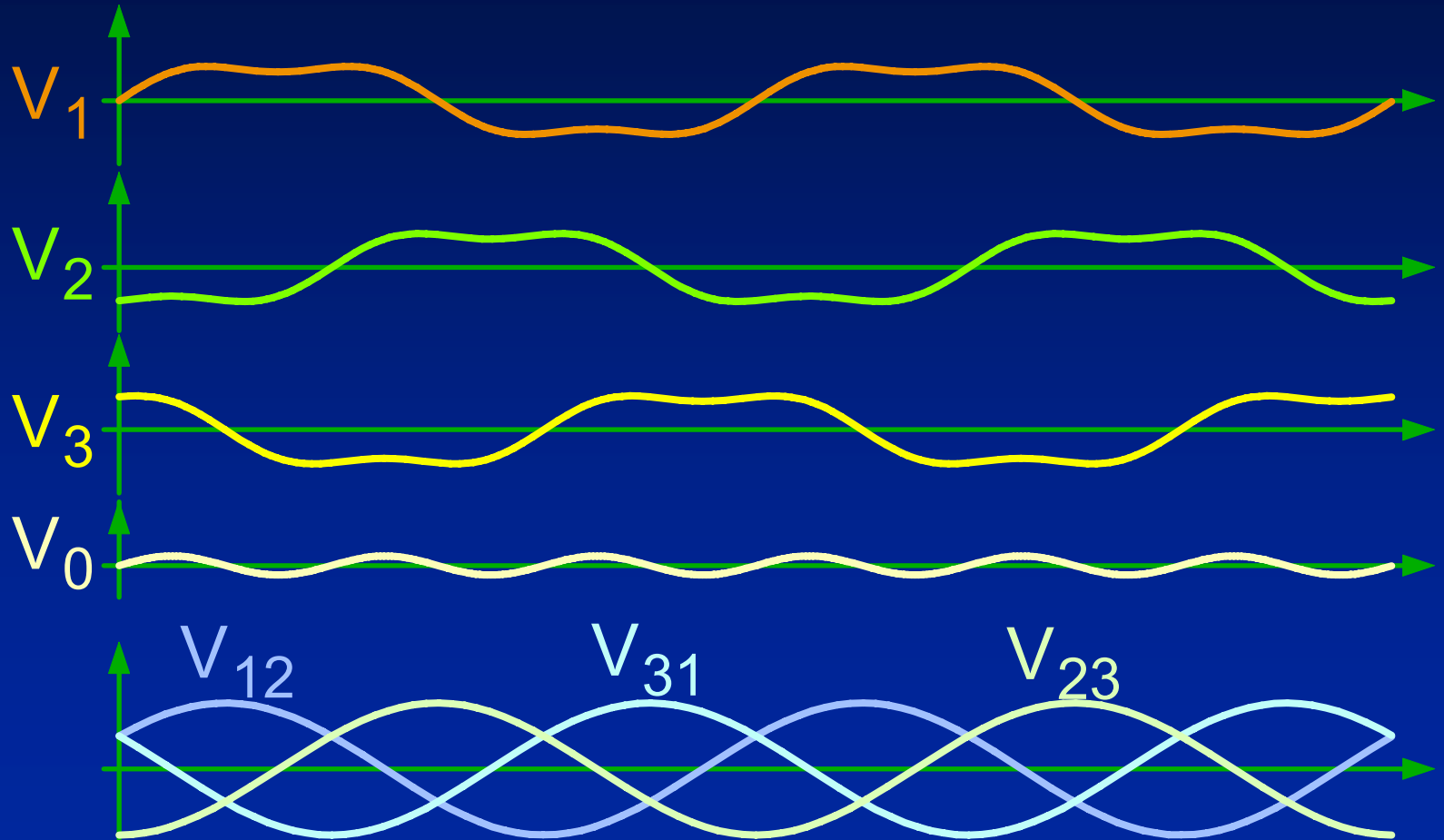
Invertitore trifase di Traslazione della tensione



Una tensione costante V_0 sommata ai riferimenti delle tre tensioni di fase, ne altera il valore medio ma non la forma d'onda. Le tensioni concatenate non cambiano

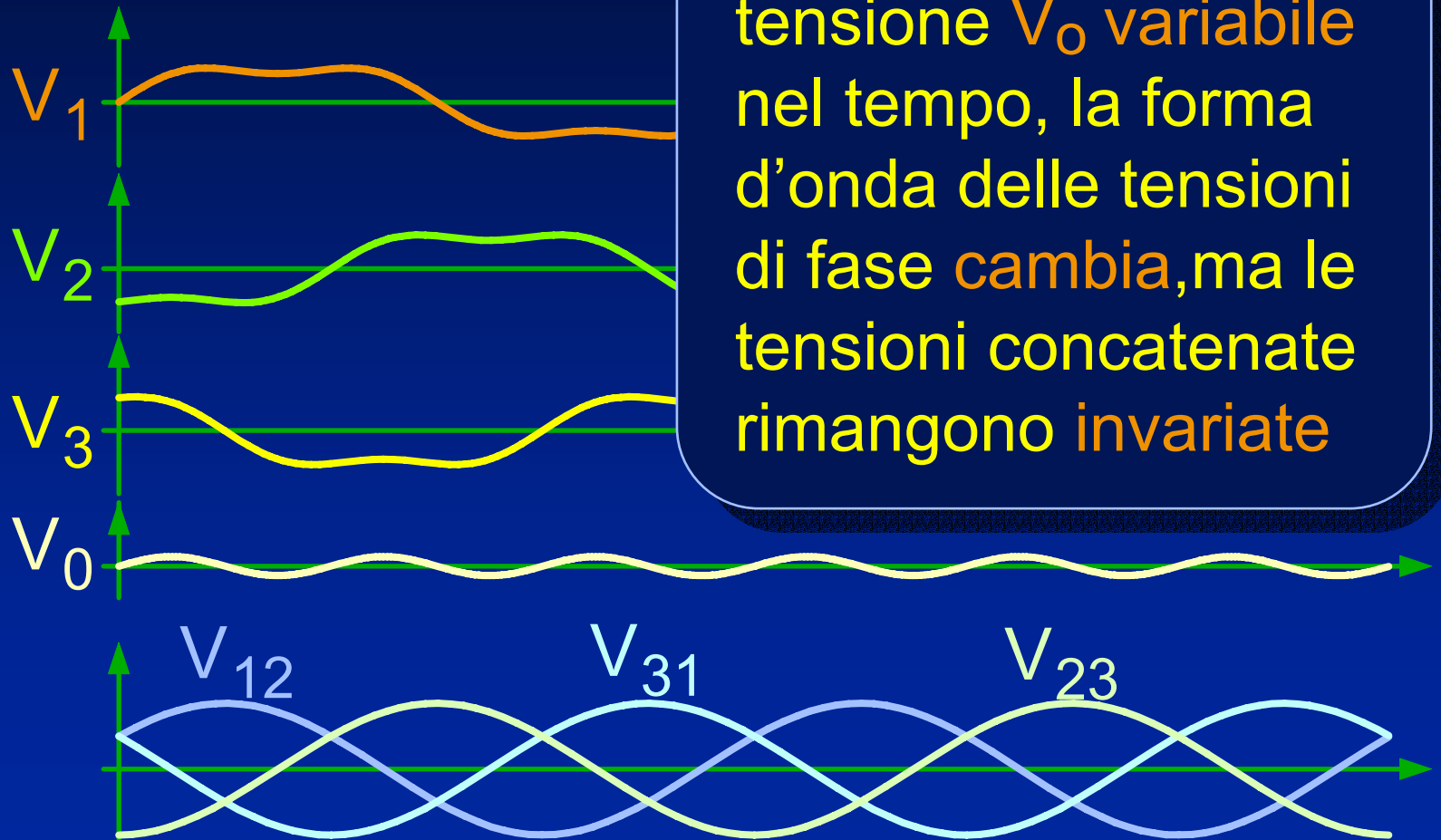
Invertitore trifase di tensione a PWM

Modulazione di terza armonica della V_0 di centro stella



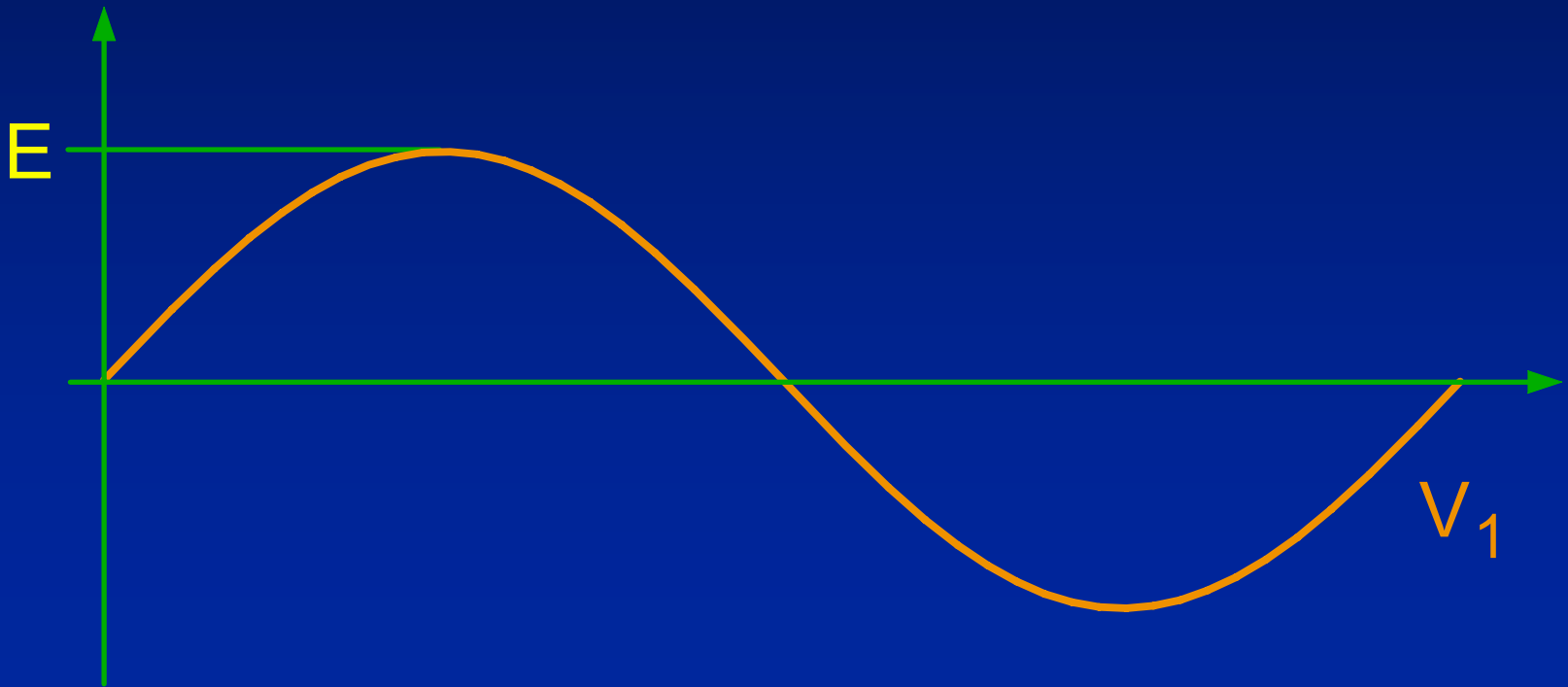
Invertitore trifase

Modulazione di terza arm

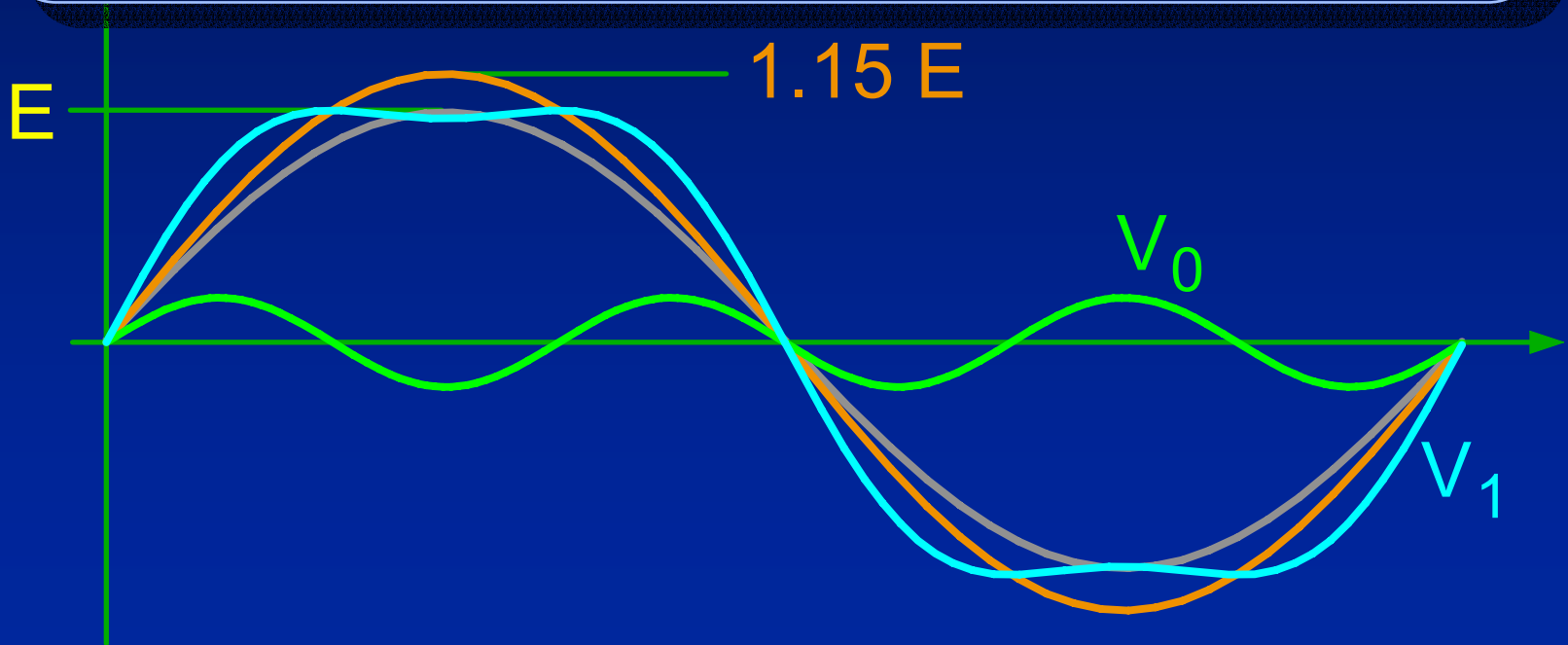


Sommando una tensione V_0 variabile nel tempo, la forma d'onda delle tensioni di fase **cambia**, ma le tensioni concatenate rimangono **invariate**

La massima ampiezza della forma d'onda da generare è limitata al valore E della tensione di alimentazione

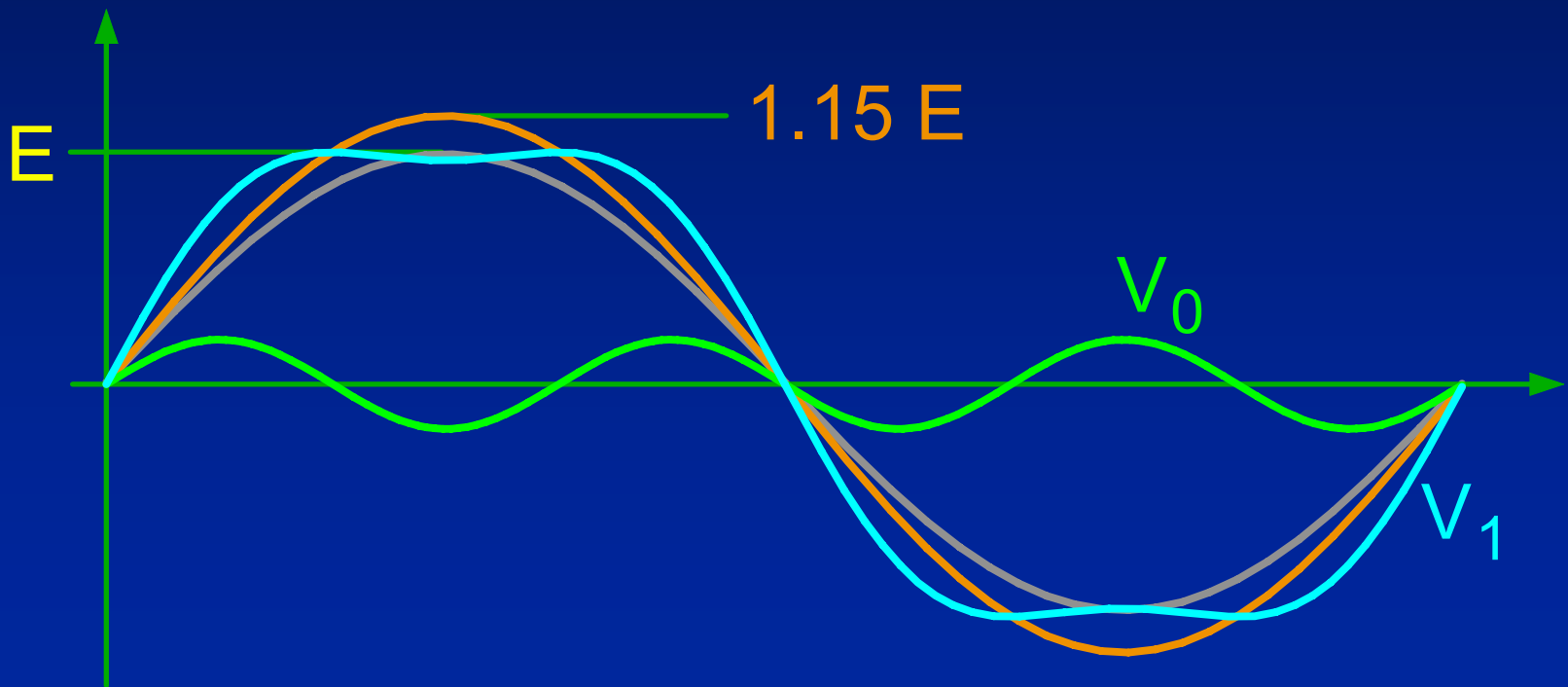


A pari valore massimo, sommando una opportuna tensione V_0 sinusoidale di terza armonica, si può aumentare la componente fondamentale della tensione di fase del 15%



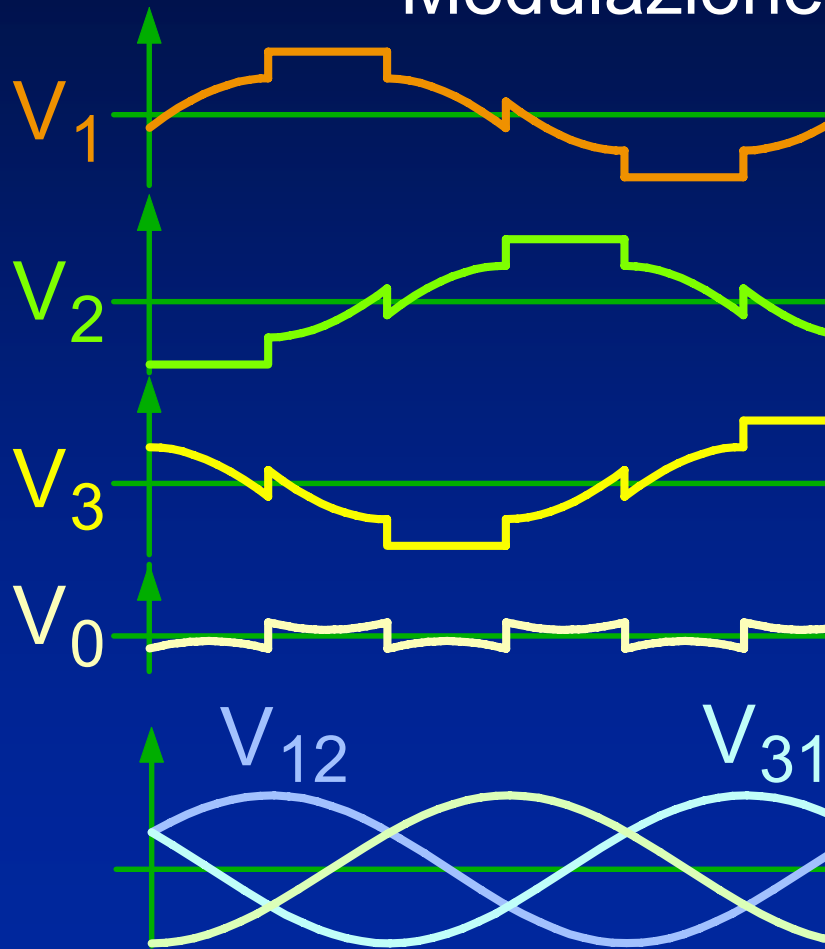
Invertitore trifase di tensione a PWM

Modulazione di **terza armonica**
della tensione V_0 di centro stella



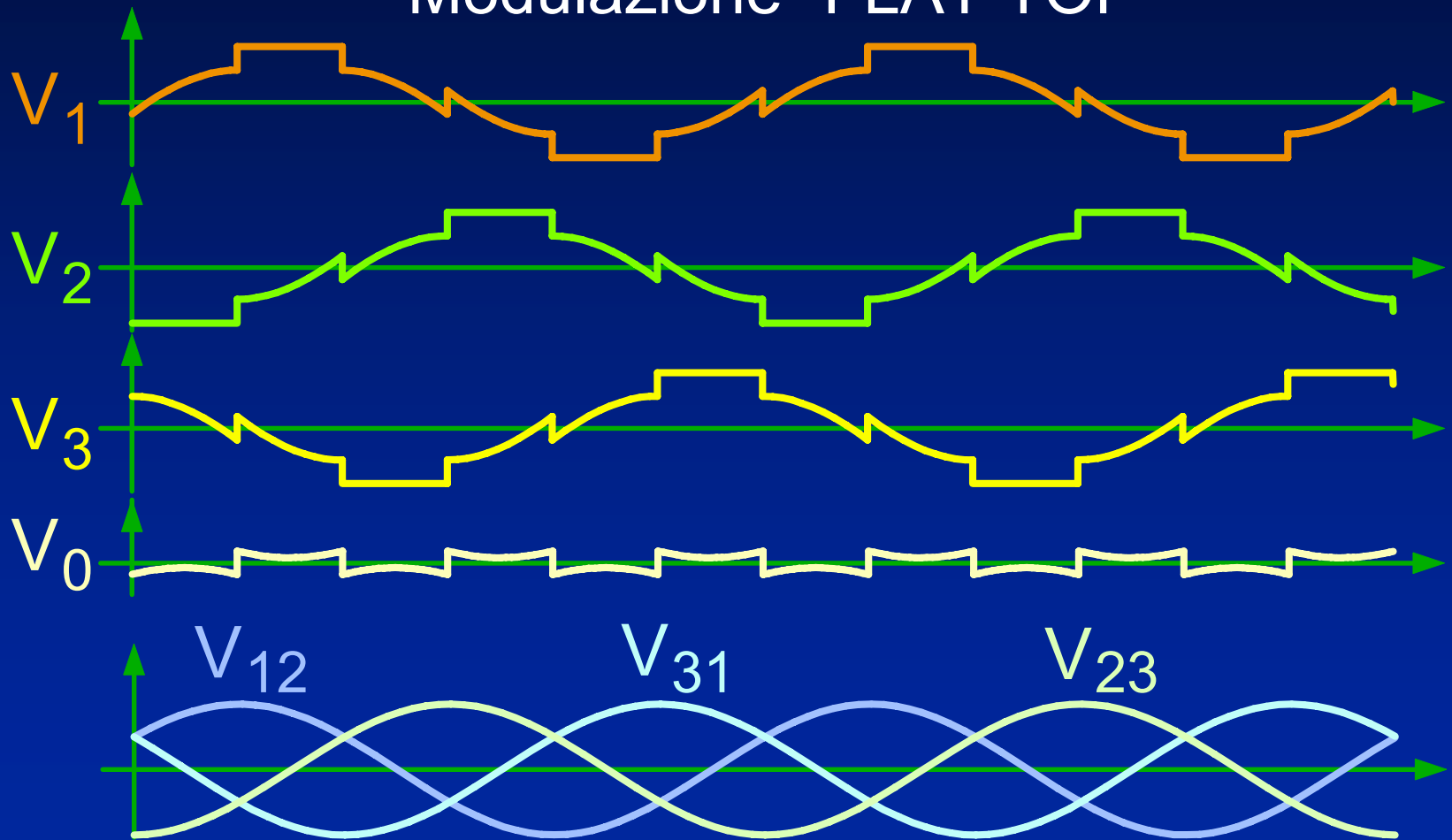
Invertitore trifase di tipo "Flat-Top" PWM

Modulazione



Sommando una tensione V_0 di forma d'onda opportuna, si può ottenere che le tensioni di fase siano uguali, per 60° a $+E$ e per 60° a $-E$. (modulazione "Flat-Top")

Invertitore trifase di tensione a PWM Modulazione "FLAT TOP"

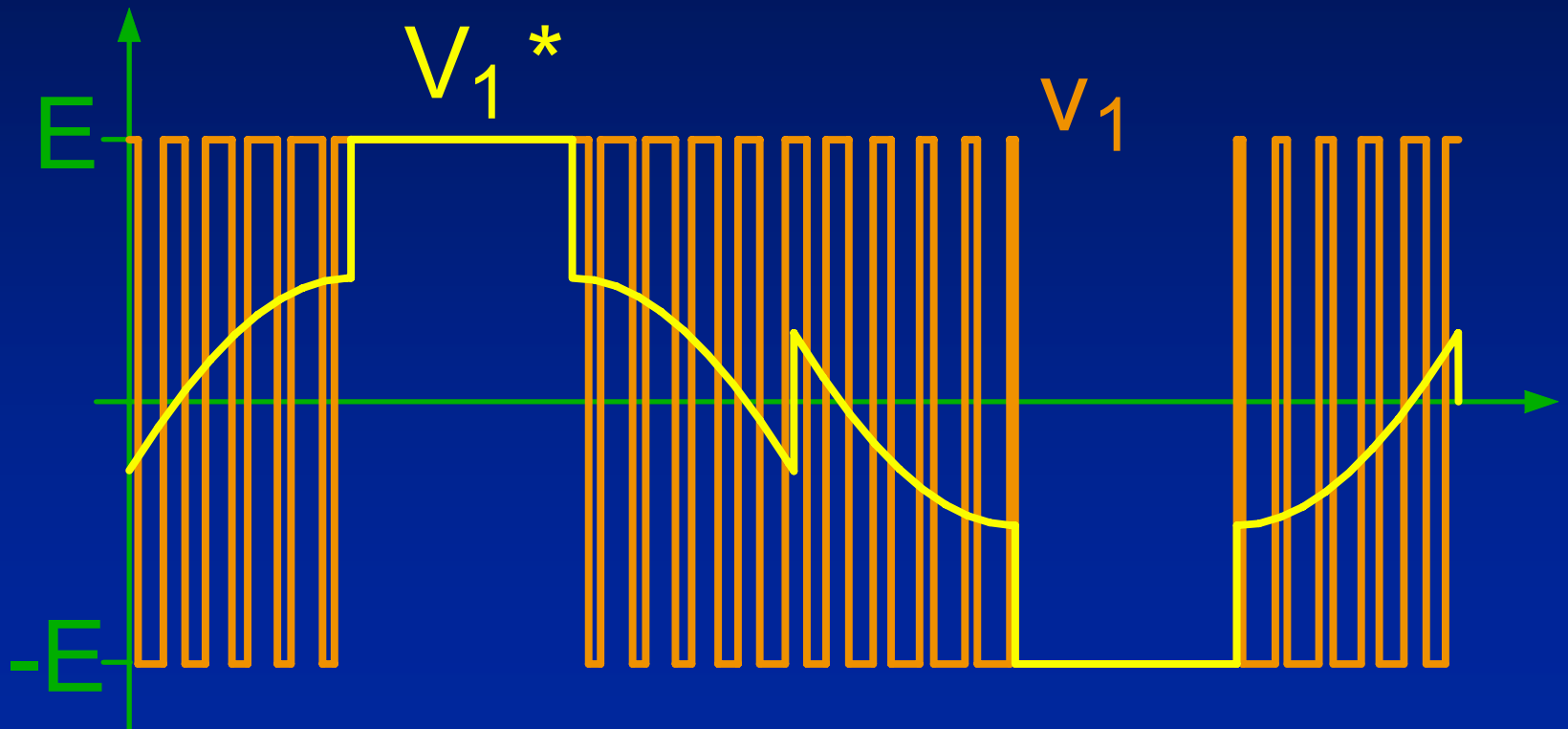


Invertitore trifase Modulazione

Negli intervalli in cui la tensione di fase è uguale a $+E$ o $-E$, gli interruttori della fase non fanno commutazioni. Le tensioni concatenate rimangono sinusoidali



Invertitore trifase di tensione a PWM Modulazione "FLAT TOP"



Tecniche di modulazione degli invertitori trifase

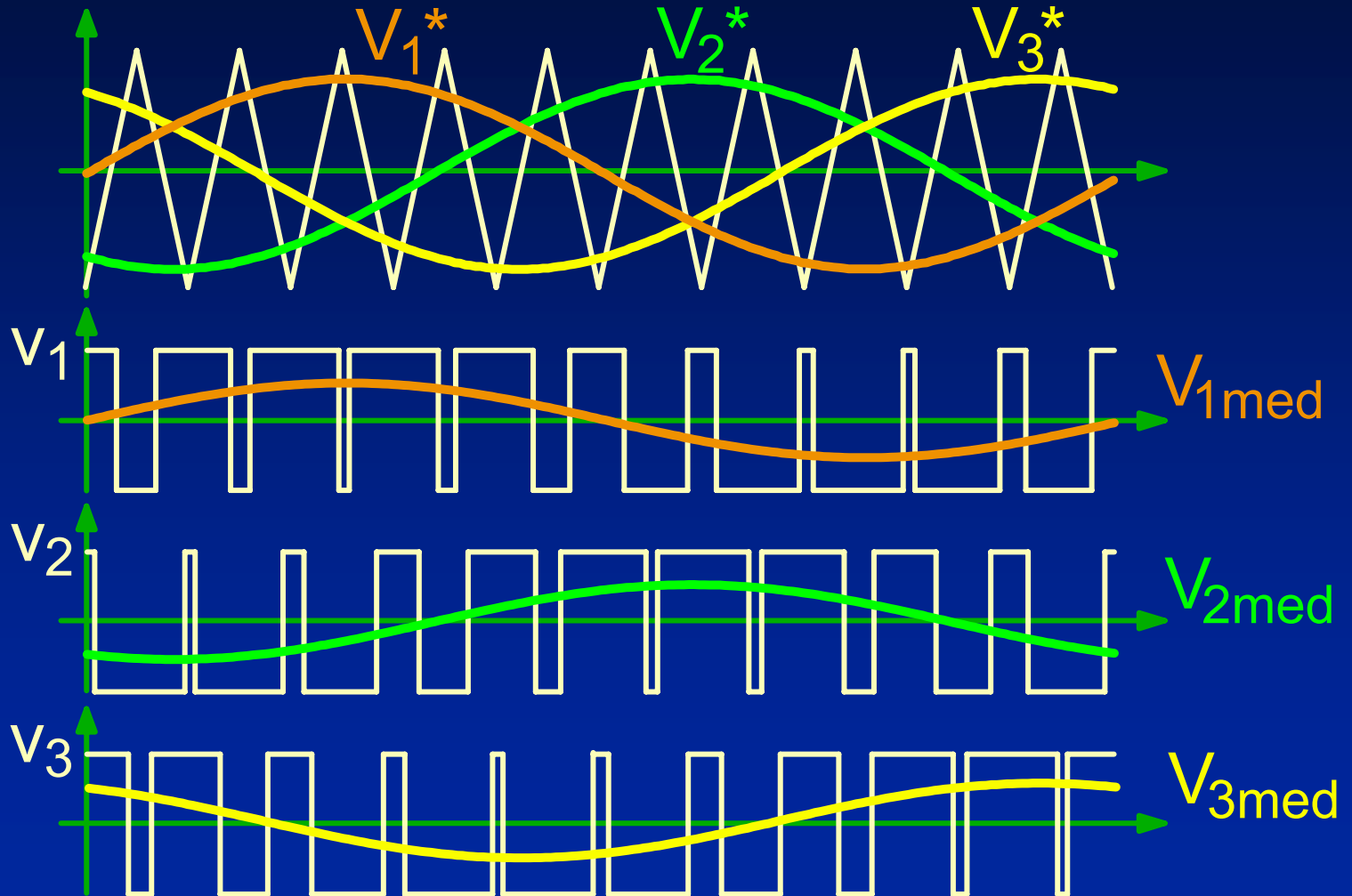
Si considera ora

l'andamento istantaneo

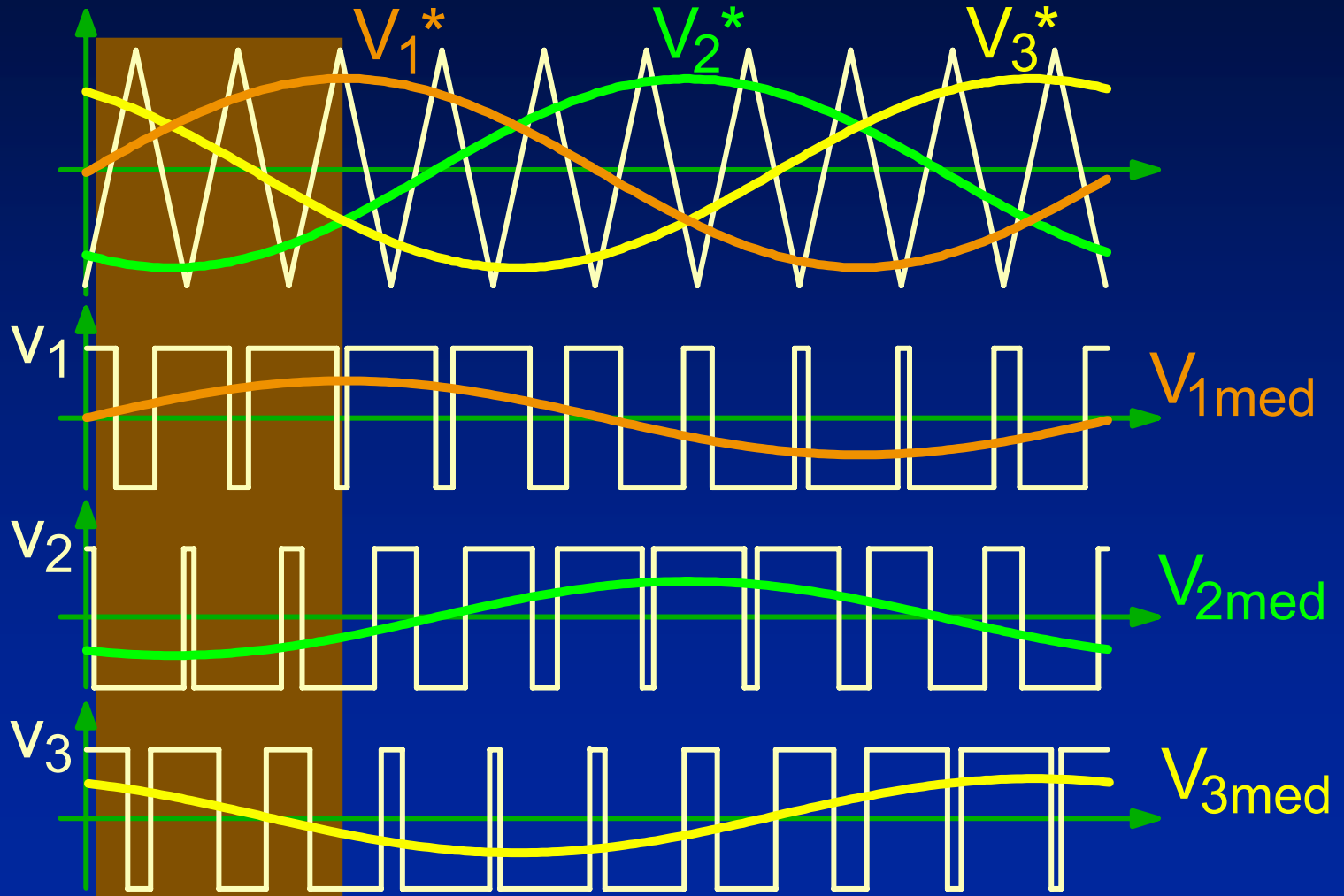
delle tensioni di fase e concatenate

prodotto dalla modulazione PWM

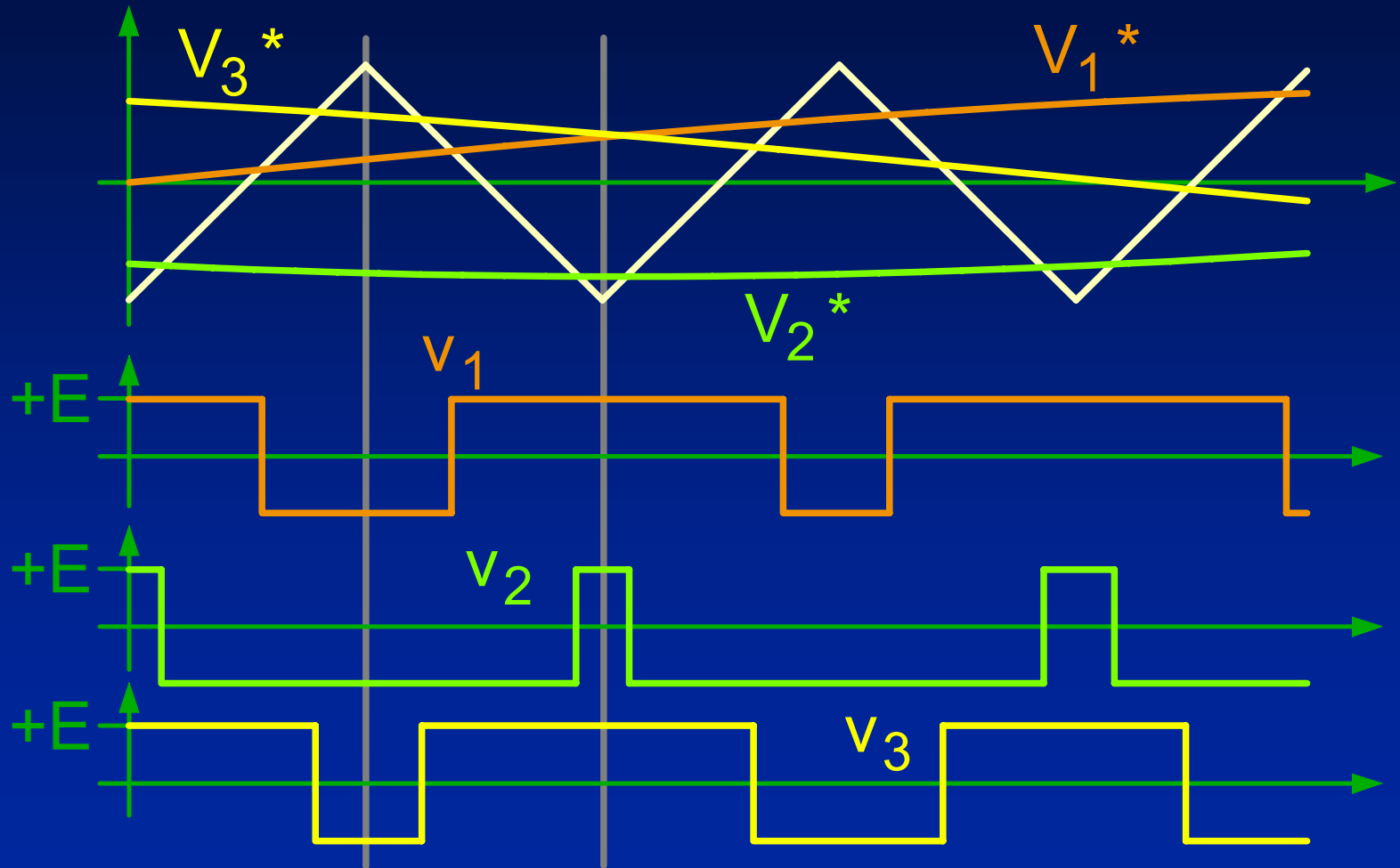
Invertitore trifase di tensione a PWM



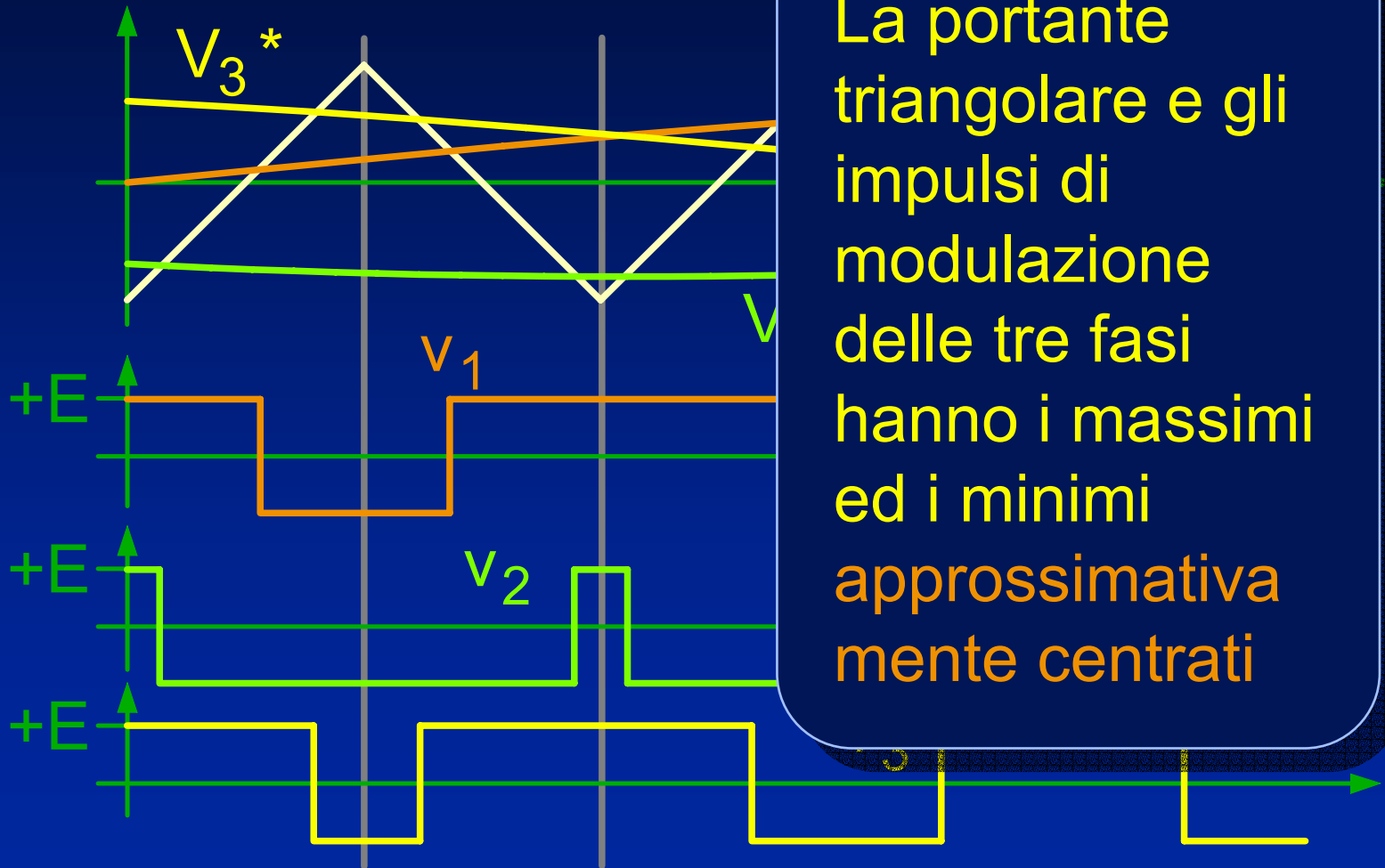
Invertitore trifase di tensione a PWM



Modulazione PWM seno-triangolo

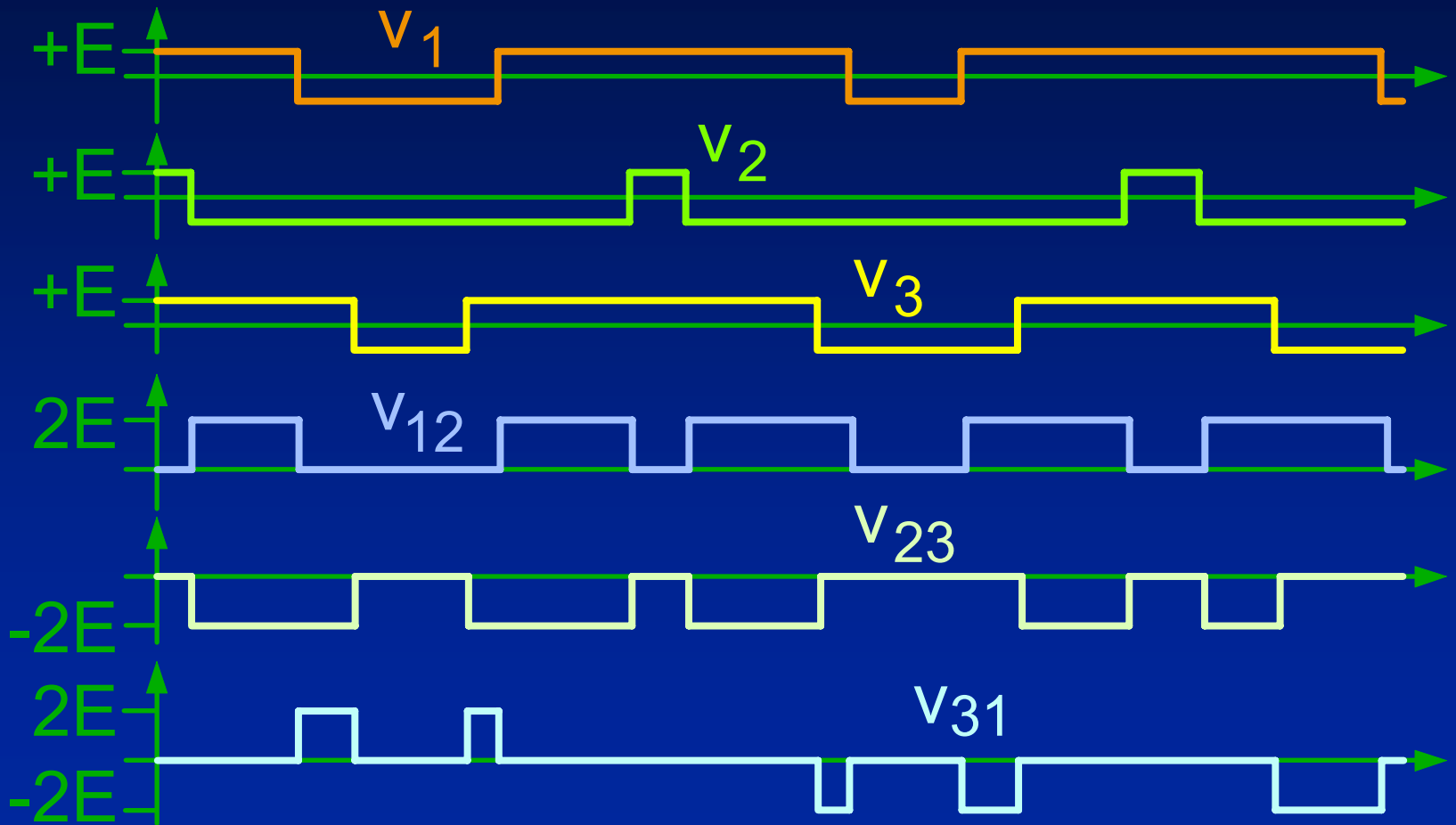


Modulazione PWM seno triangolare



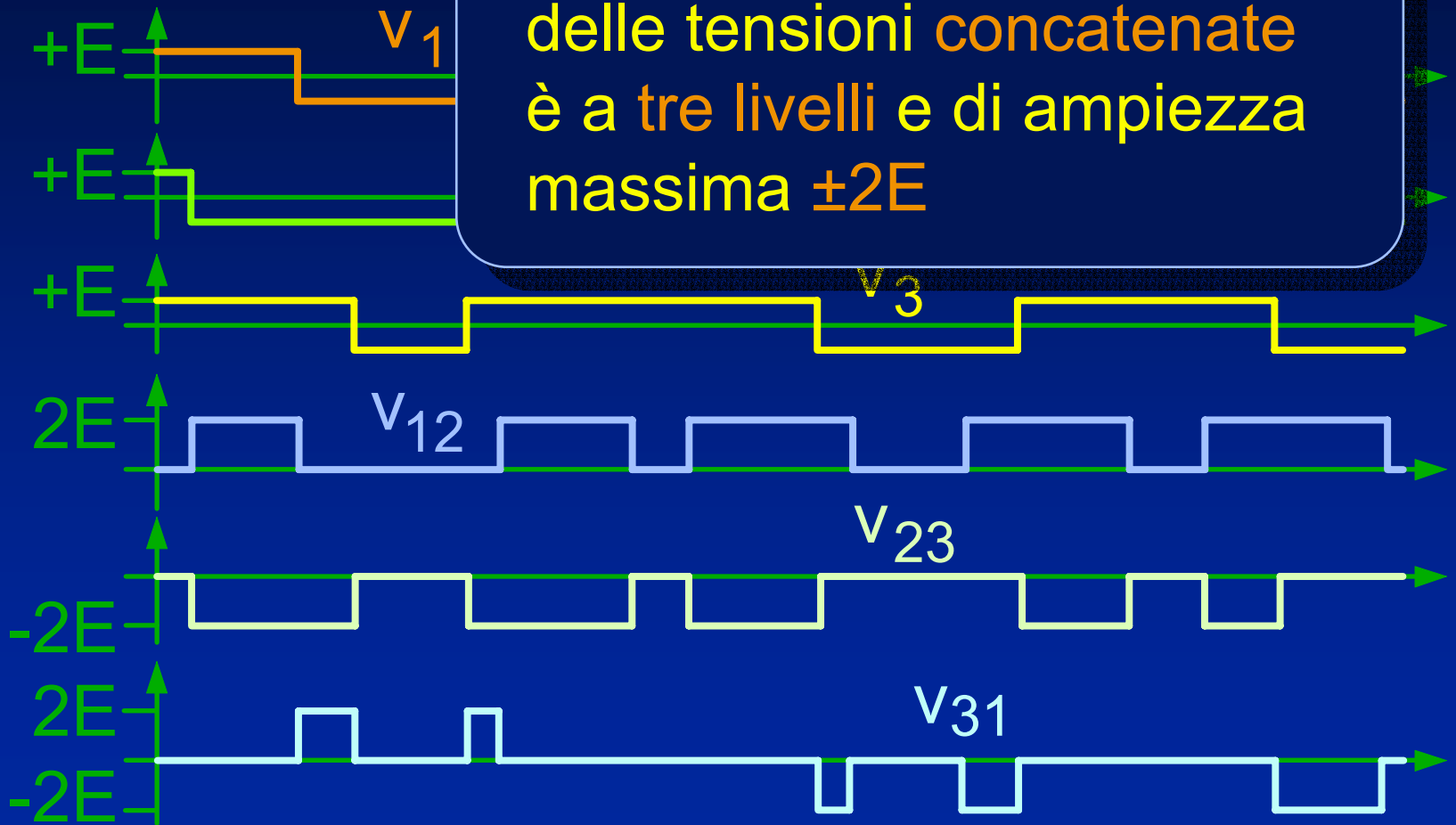
Modulazione PWM seno-triangolo

Tensioni istantanee di fase e concatenate



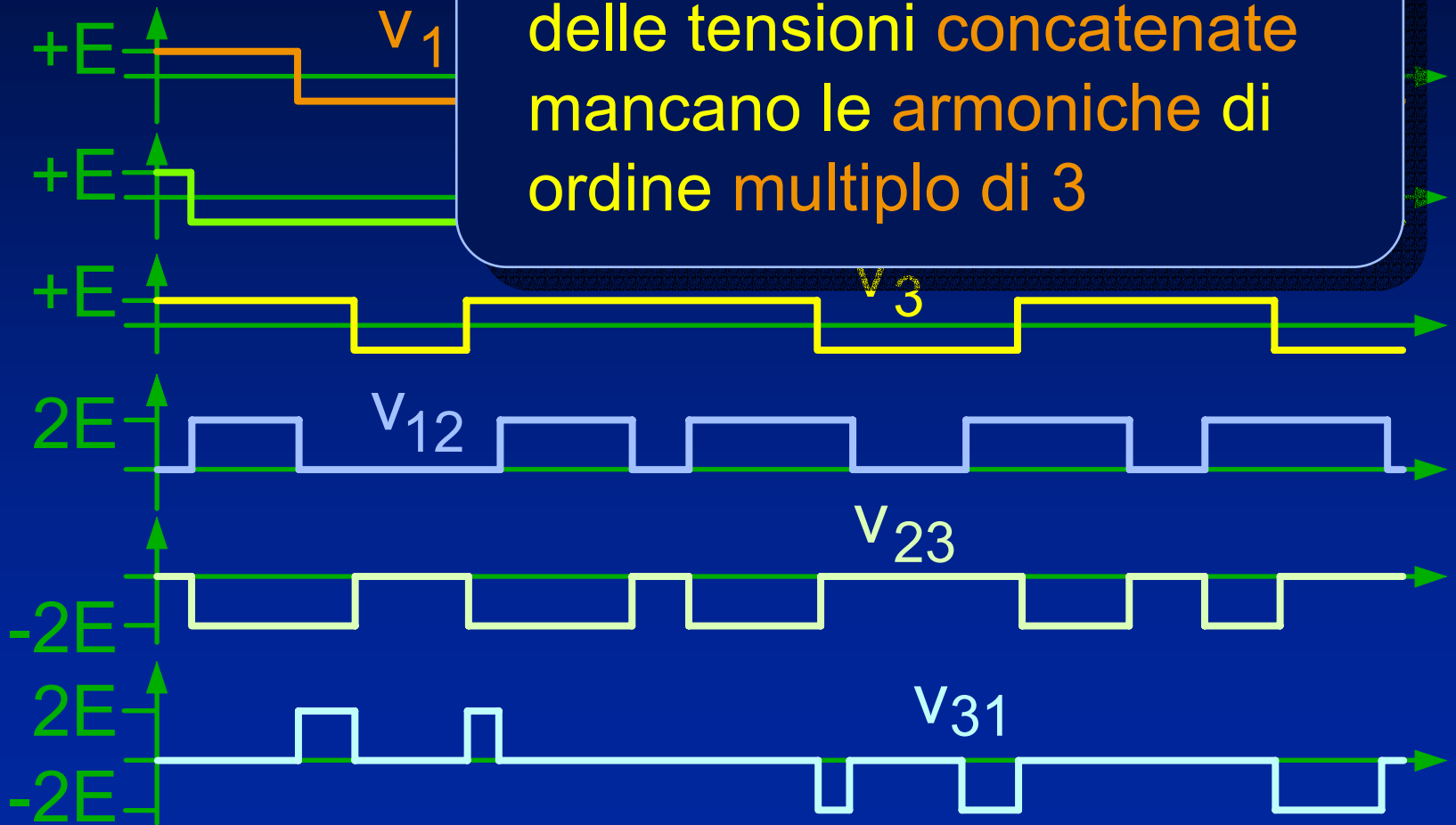
Modulazioni Tensioni istantanee

L'andamento istantaneo delle tensioni concatenate è a tre livelli e di ampiezza massima $\pm 2E$



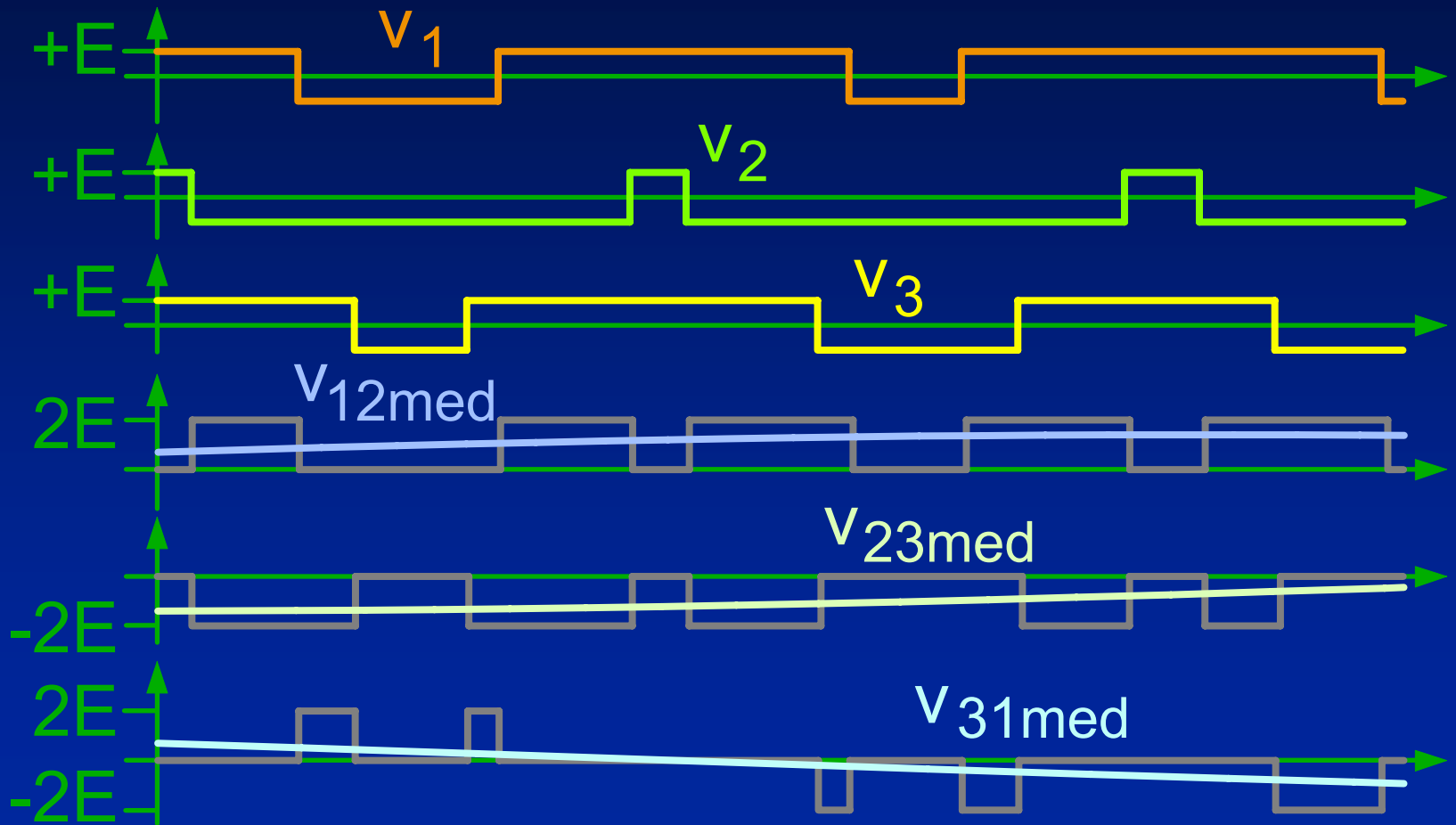
Modulazioni Tensioni istantanee

Nell'andamento istantaneo delle tensioni concatenate mancano le armoniche di ordine multiplo di 3



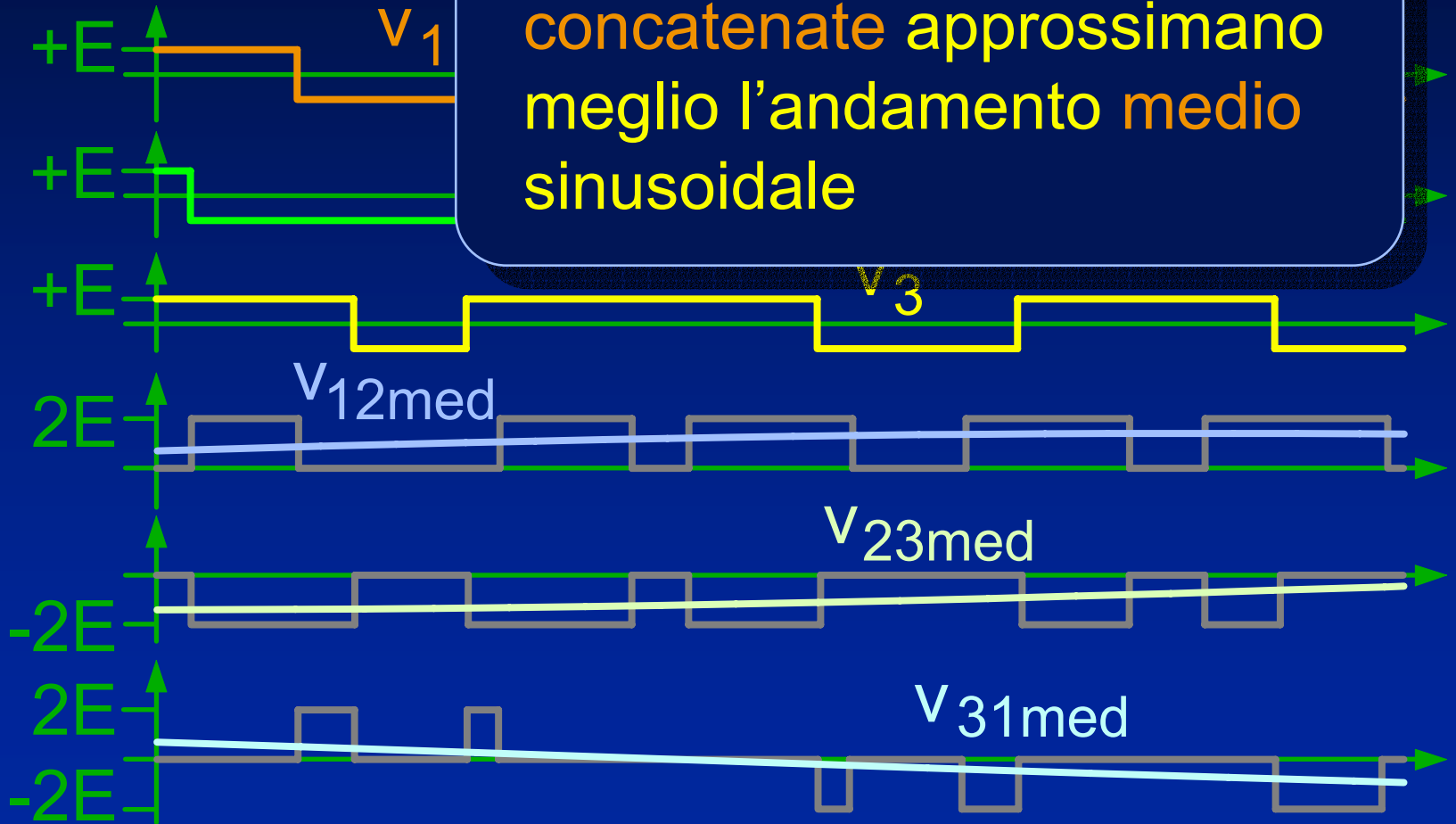
Modulazione PWM seno-triangolo

Tensioni istantanee di fase e concatenate



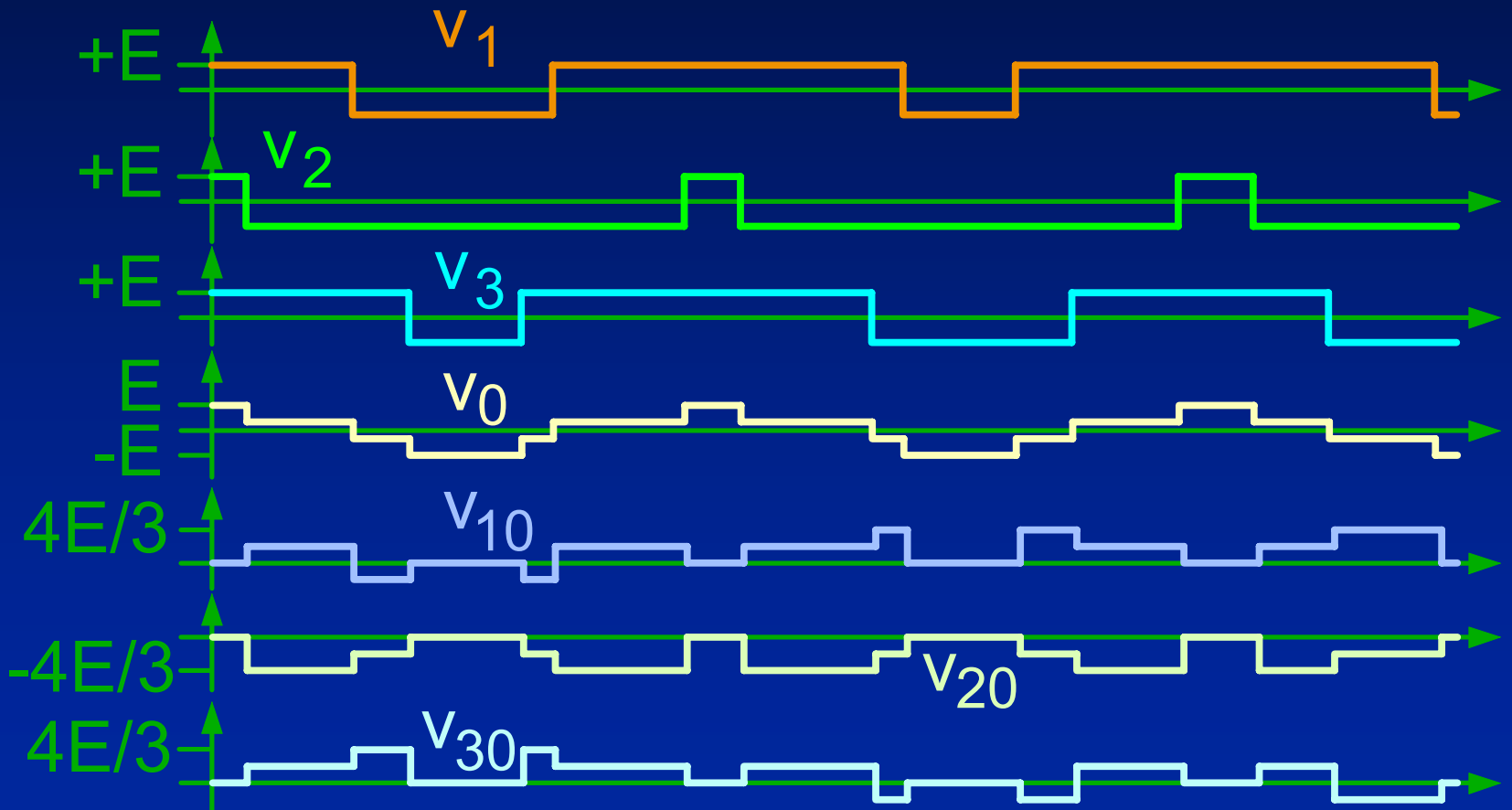
Modulazioni Tensioni istantanee

I tre livelli delle tensioni concatenate approssimano meglio l'andamento medio sinusoidale



Modulazione PWM seno-triangolo

Tensioni istantanee stellate



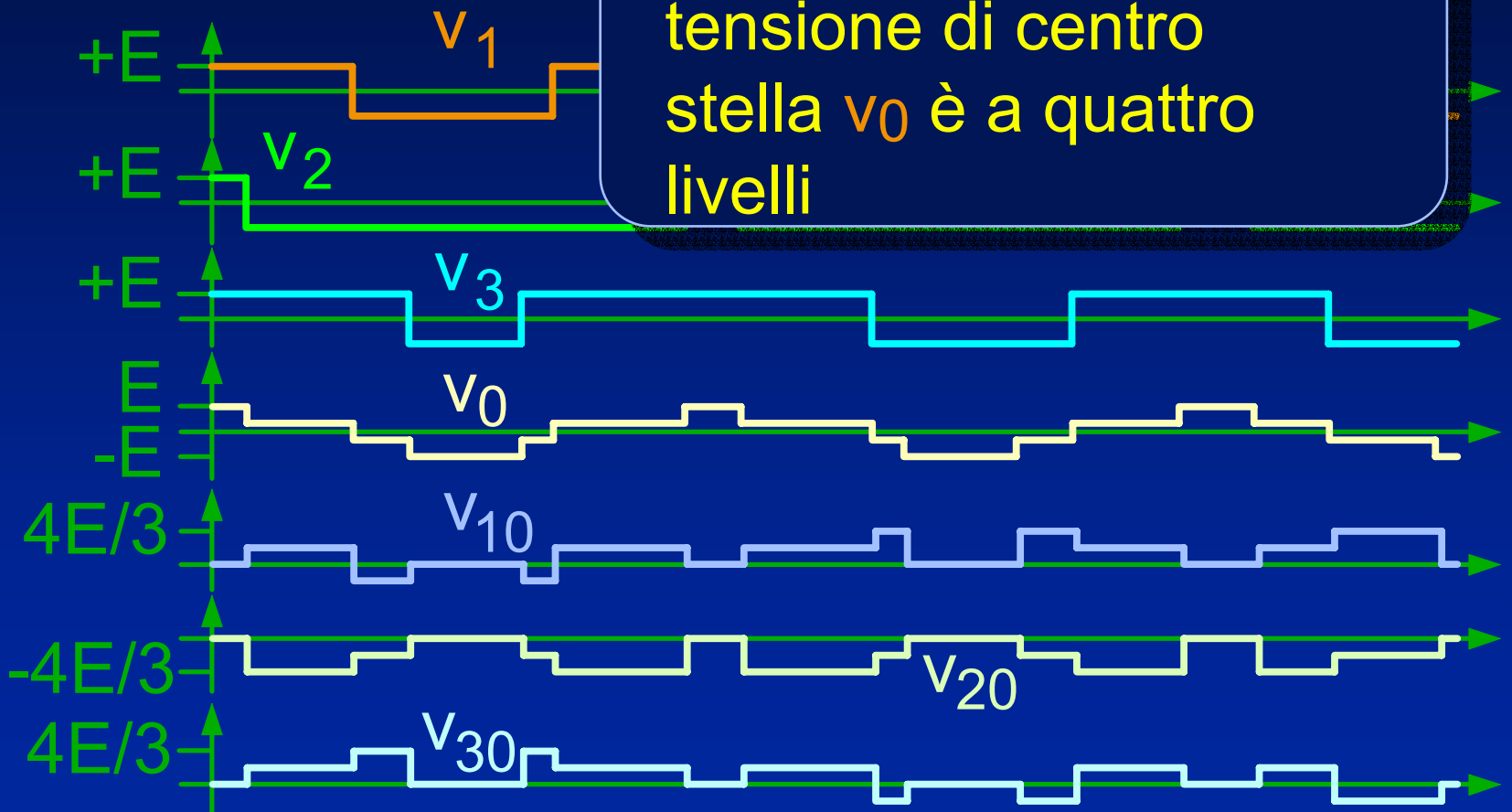
Modula
Te

Si definisce “tensione di centro stella” del convertitore la media istantanea v_0 delle tensioni di fase v_1, v_2, v_3



Modulazione Tensioni

L'andamento della
tensione di centro
stella v_0 è a quattro
livelli



Modulazioni Tensioni

Un carico senza
connessione di centro
stella è sensibile solo
alle tensioni concatenate



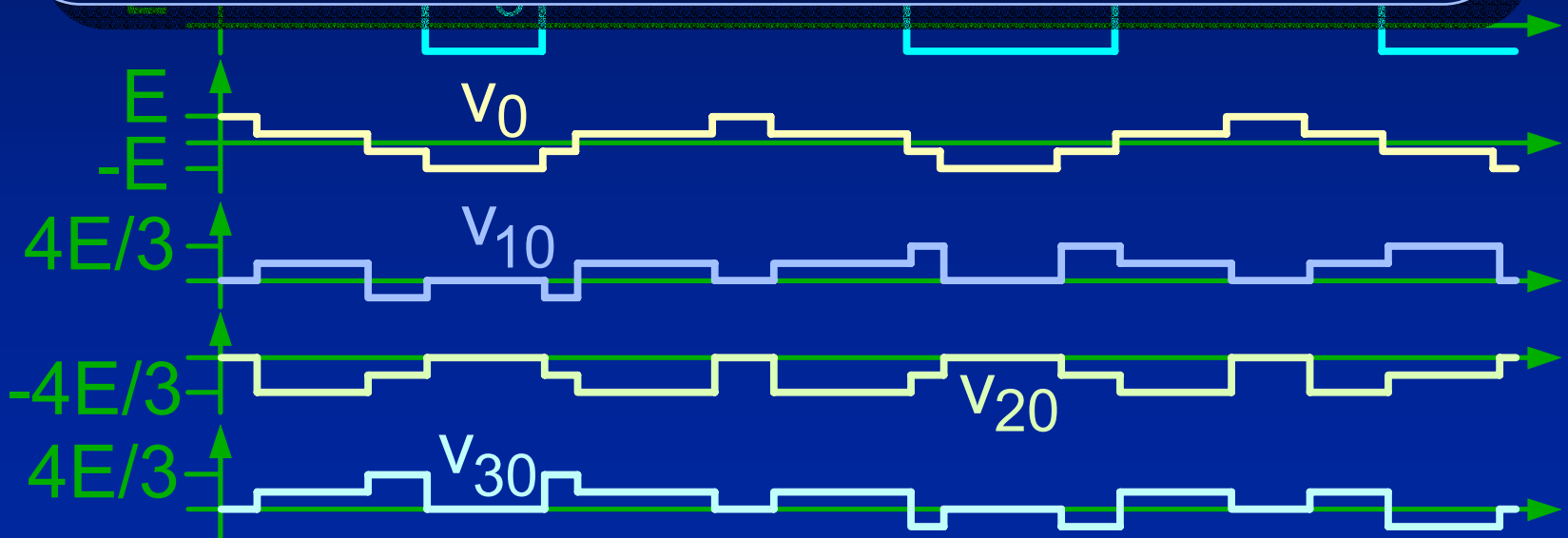
Modulazio

Tens

Se il carico è equilibrato ed a stella, la tensione del suo centro stella, anche se isolato, coincide con v_0

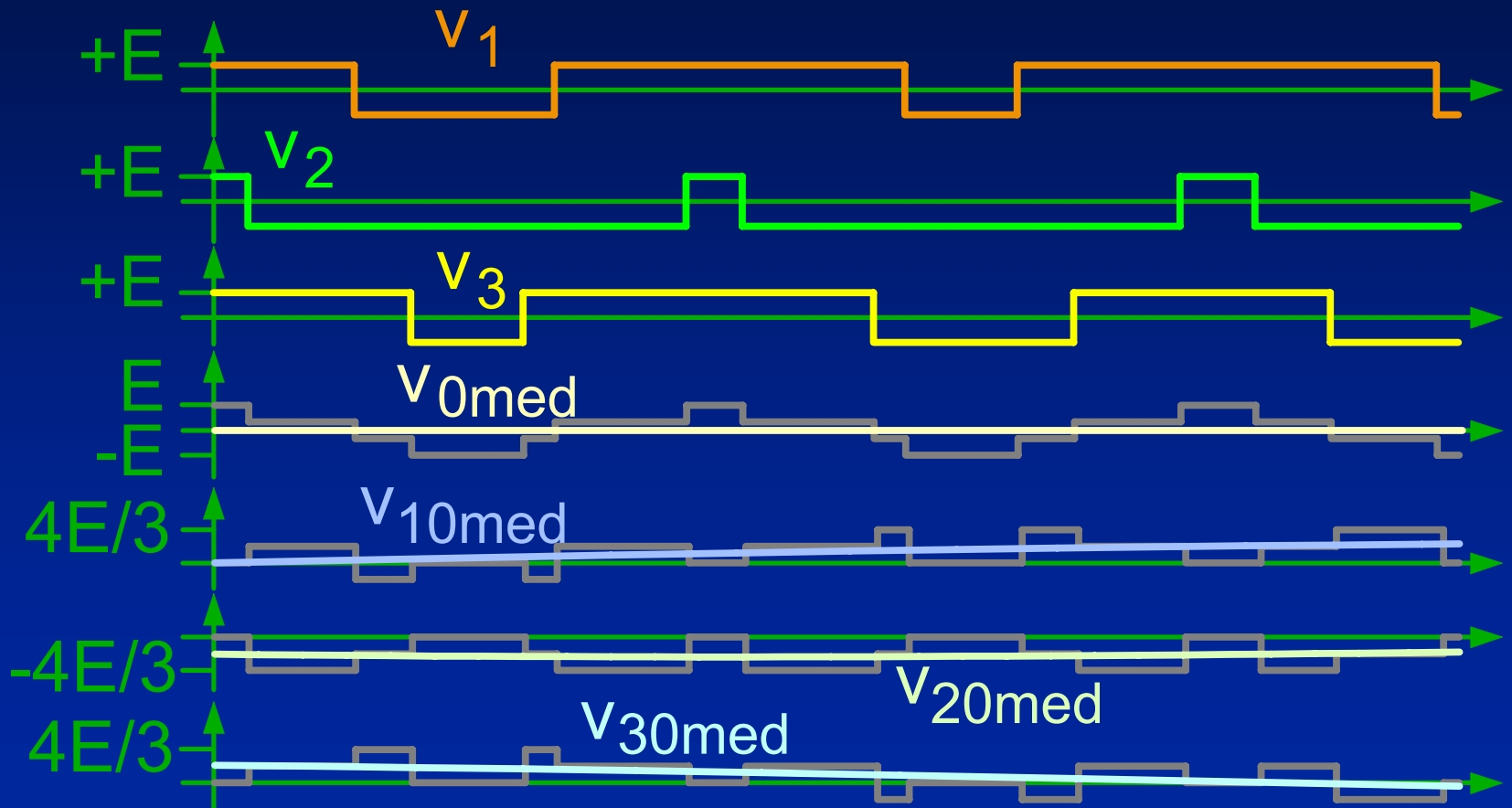


Le tensioni di fase del carico v_{10} , v_{20} , v_{30} , misurate rispetto al centro stella, sono a cinque livelli e mancano delle componenti armoniche di ordine multiplo di tre

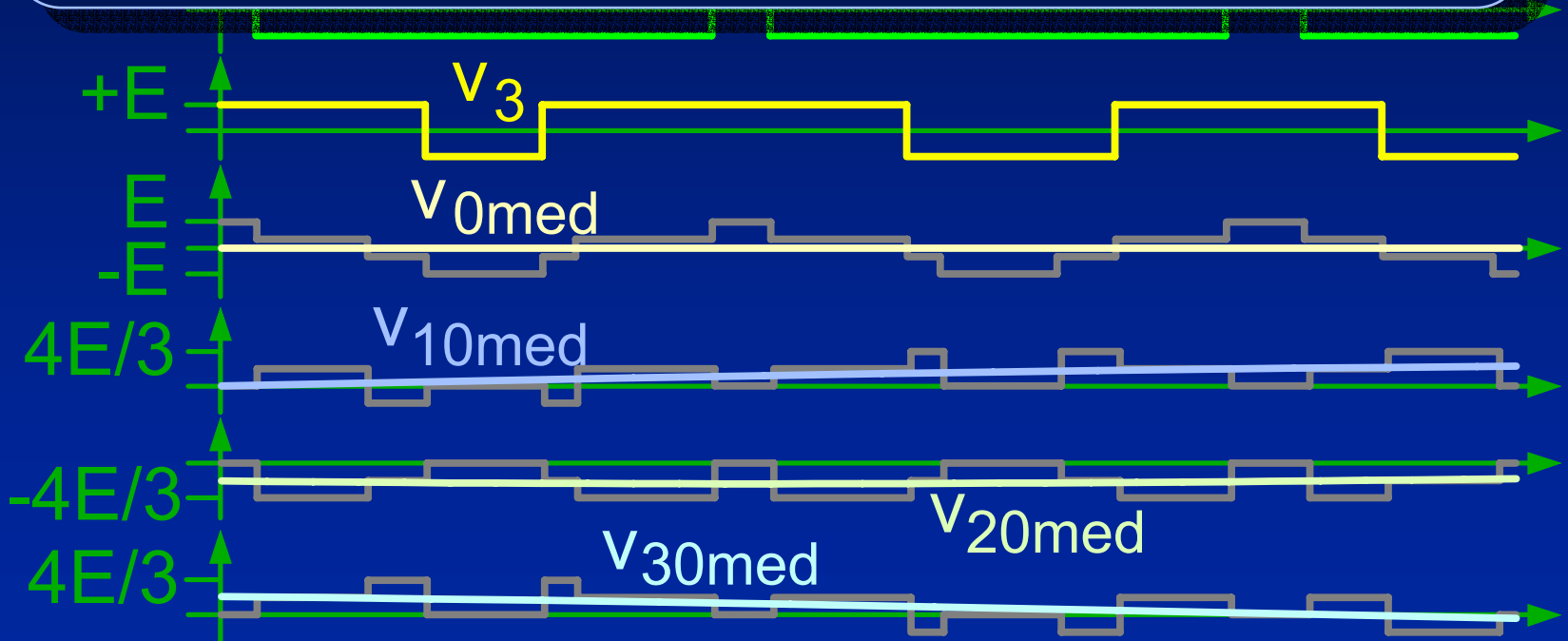


Modulazione PWM seno-triangolo

Tensioni medie stellate



L'andamento medio sinusoidale delle tensioni di fase del carico è ben approssimato dall'andamento istantaneo a cinque livelli

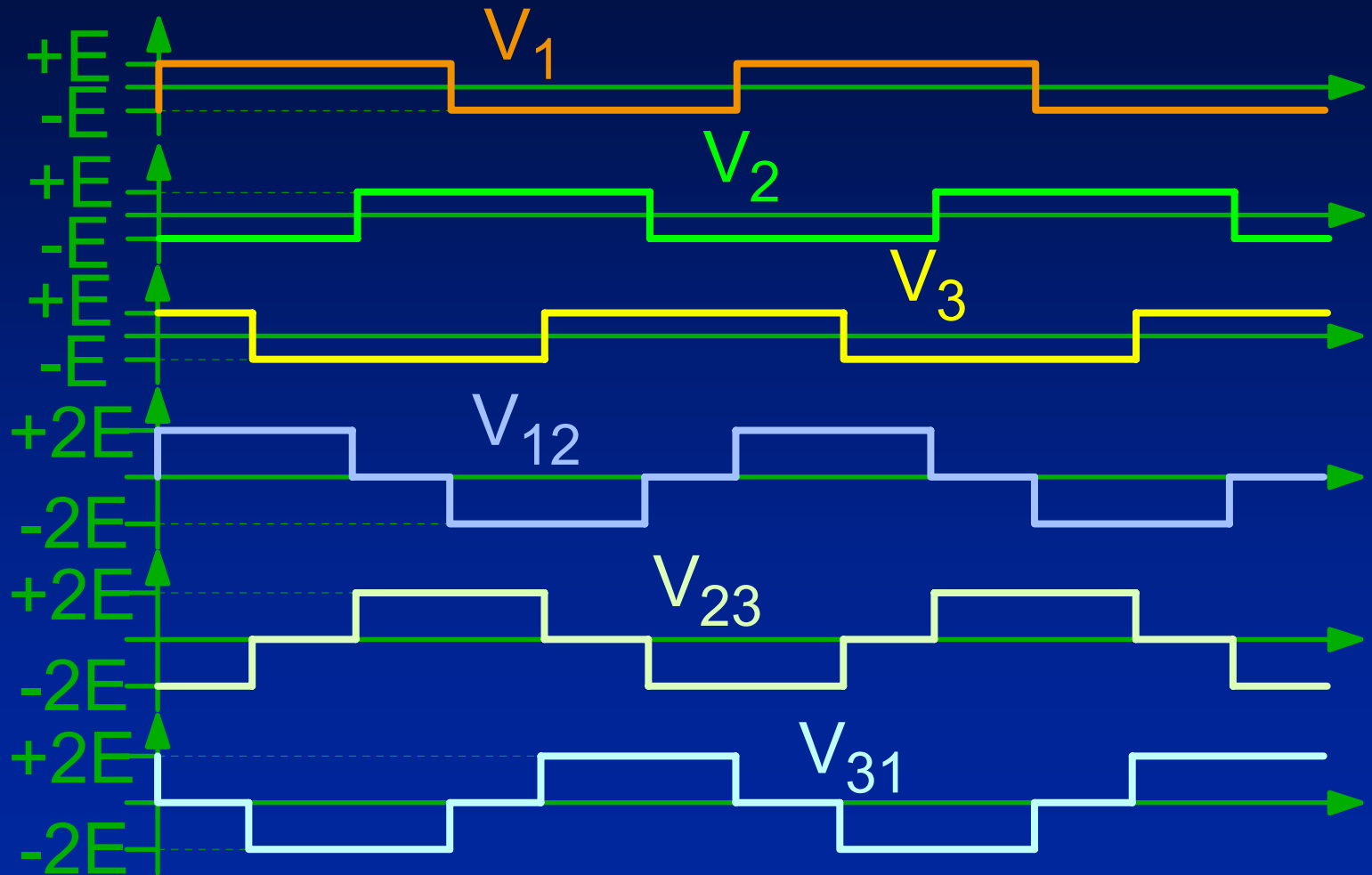


Modulazione ad onda quadra

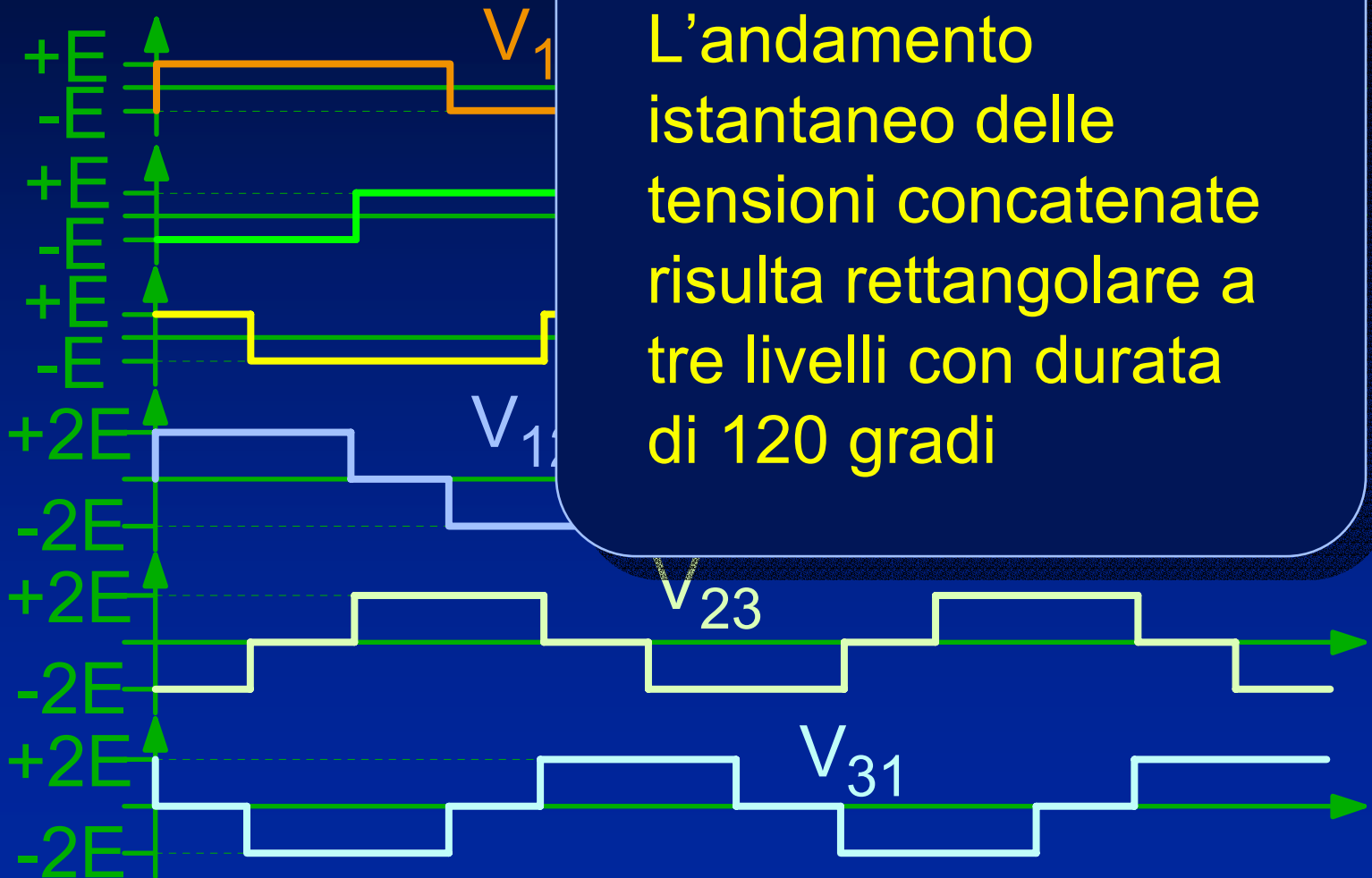
Con la modulazione simmetrica ad
onda quadra

le tensioni di fase dell'invertitore
hanno andamento rettangolare a due
livelli $\pm E$ con durata di 180°

Modulazione ad onda quadra



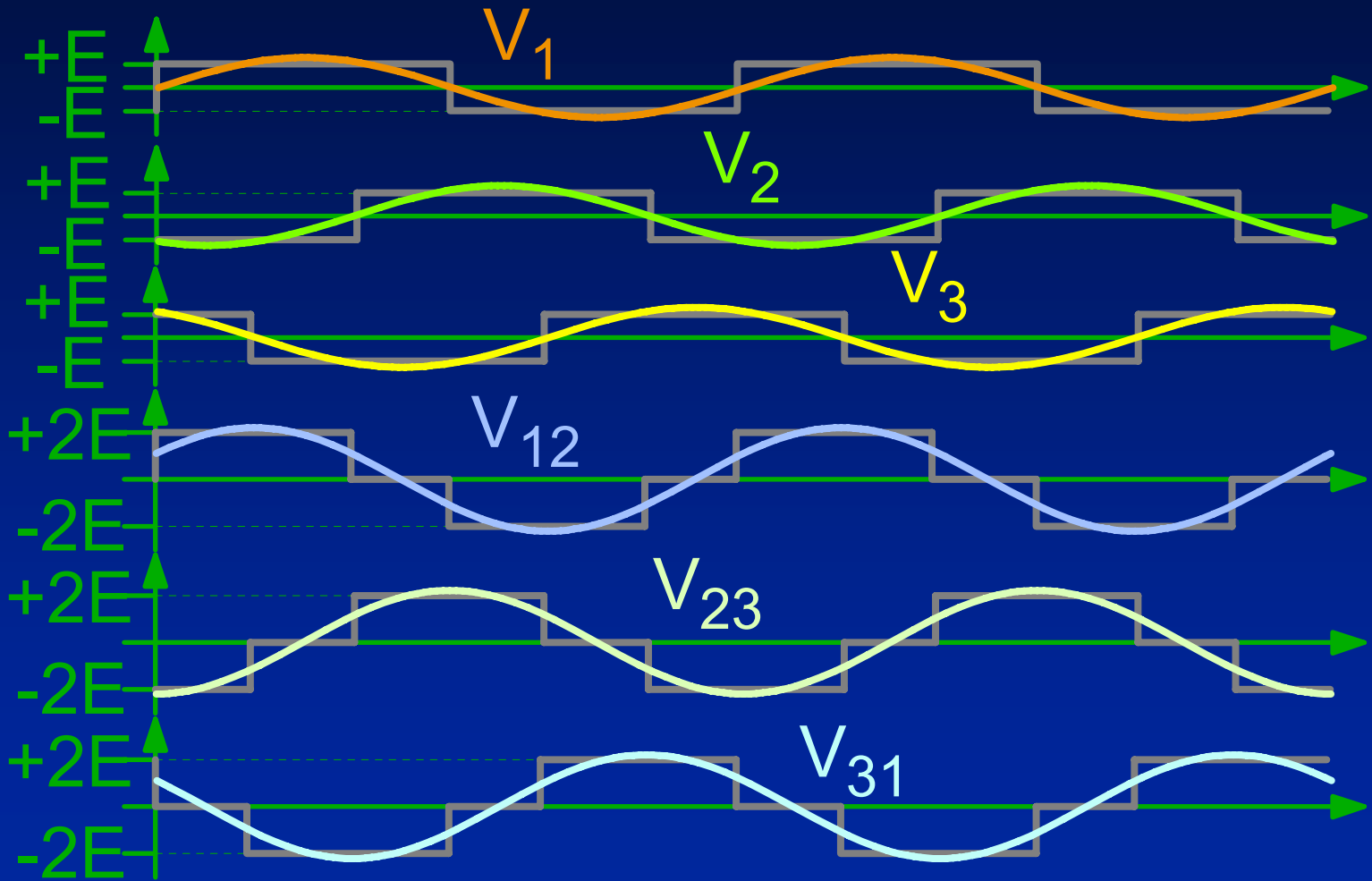
Modulazioni



Modulazione



Modulazione ad onda quadra

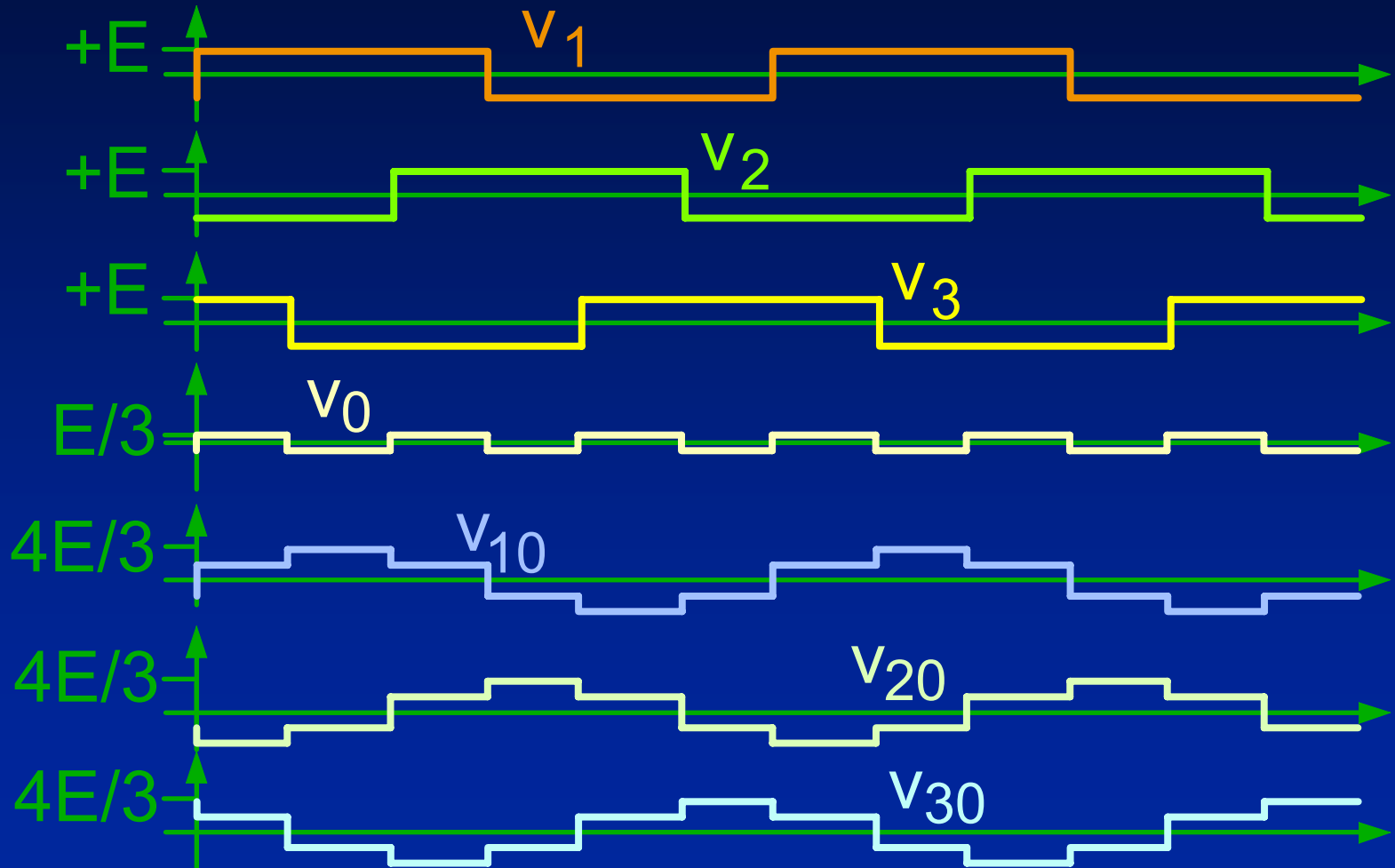


Modulazione



L'ampiezza delle componenti fondamentali delle tensioni di fase vale $E4/\pi$ e non può essere variata dalla modulazione

Modulazione ad onda quadra



Modulazione



Modulazione ad onda quadra

