

Prog. 4 - MLI8BITS / Générateur MLI numérique et analogique – Programmation MATLAB

Projet : PROGRAMMATION

Info : [DIV254]

Révision : octobre 2001

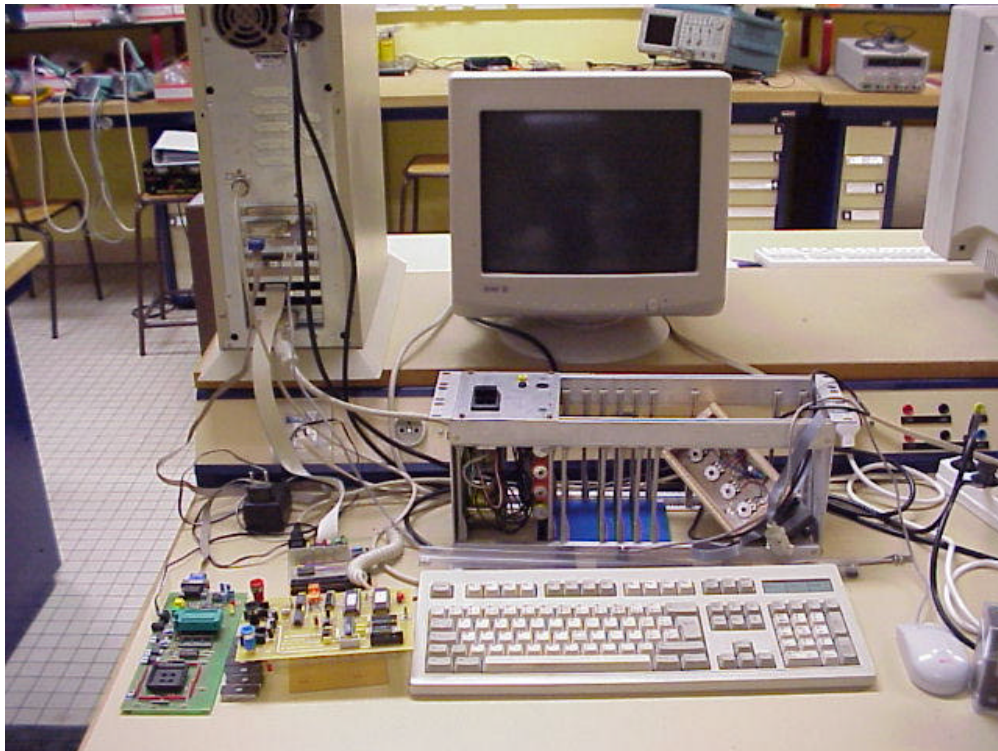


Figure 4.1. Environnement de développement (images_maquettes\prg_mli8bits.jpg).

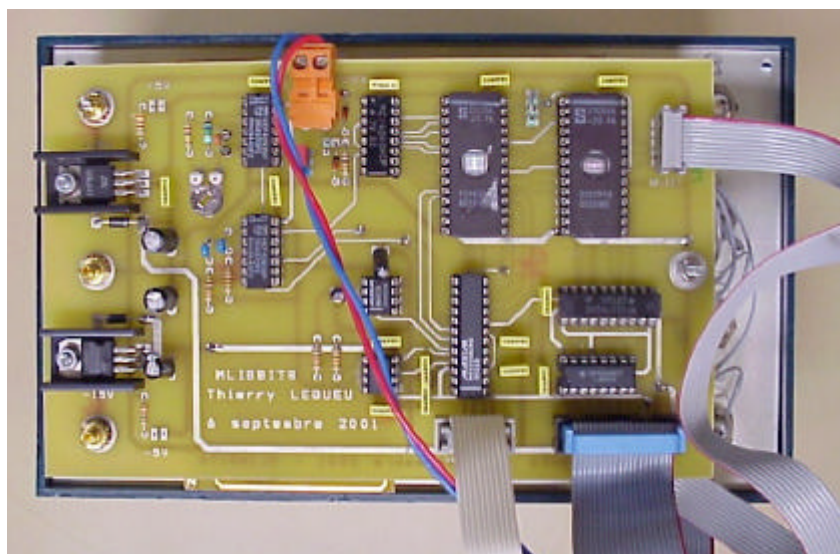


Figure 4.2. Générateur de signaux MLI (images_maquettes\mli8bits-41.jpg).

4.1 Définition des motifs MLI numérique et analogique

4.1.1 Motifs de 00 à 07 - Monophasé

Les huit premiers motif (00 à 07) correspondent à une utilisation d'un onduleur monophasé à quatre interrupteurs défini à la figure 4.1.

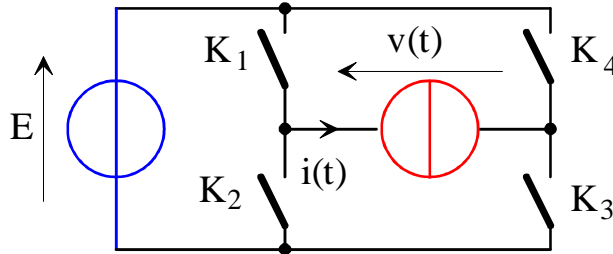


Fig. 4.1. Onduleur monophasé (dessins\hacheur1.drw)

On définit une première fonction de commande $H(\Phi)$ représentant un signal carré déphasé d'un angle \ddot{O} par rapport à l'origine :

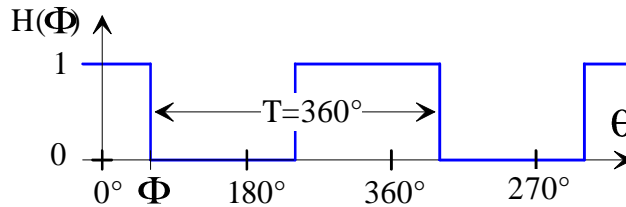


Fig. 4.2. Fonction de commande $H(\ddot{O})$ avec $\ddot{O} = 30^\circ$ (dessins\mli8bits.drw)

En monophasé, les connexions sont définies par :

$$(K_1 \Leftrightarrow D0) - (K_2 \Leftrightarrow D1) - (K_3 \Leftrightarrow D3) - (K_4 \Leftrightarrow D2) \quad (4.1)$$

La commande $H(\ddot{O}_1)$ est appliquée sur K_1 et en règle générale $K_2 = \overline{K_1} = \overline{H(\Phi_1)}$.

4.1.2 Motifs de 08 à 15 - Triphasé

En triphasé (fig. 4.3), on utilisera les huit motifs suivant (08 à 15). La définition des interrupteurs de l'onduleur est modifiée afin de respecter la symétrie.

Les connexions sont alors définies par :

$$(K_1 \Leftrightarrow D0) - (K_2 \Leftrightarrow D1) - (K_3 \Leftrightarrow D2) - (K_4 \Leftrightarrow D3) - (K_5 \Leftrightarrow D4) - (K_6 \Leftrightarrow D5) \quad (4.2)$$

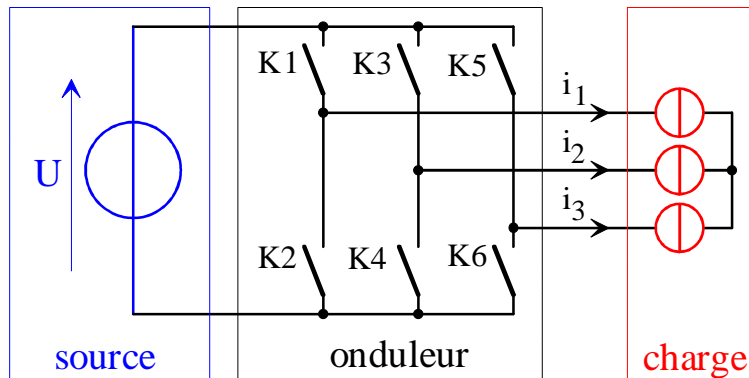


Fig. 4.3. Onduleur triphasé de tension (dessins\tri1.drw).

4.1.3 Définition du motif N° 00

Cahier des charges : onduleur monophasé bipolaire – Commande pleine onde.

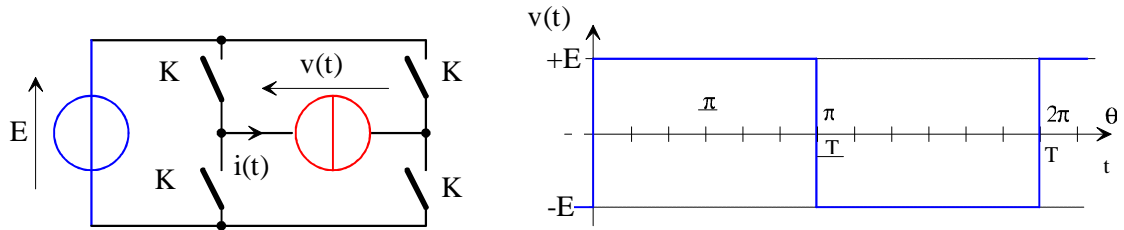


Fig. 4.4. Onduleur pleine onde (dessins\hacheur1.drw)

En monophasé : $K_1 = H(0^\circ)$; $K_2 = \bar{H}(0^\circ)$; $K_3 = \bar{H}(-180^\circ)$; $K_4 = H(-180^\circ)$.

Tableau 4.1. Affectation des sorties – Motif 00.

Bits	Valeur
D0	$K_1 = H(0^\circ)$
D1	$K_2 = \bar{H}(0^\circ)$
D2	$K_3 = \bar{H}(-180^\circ)$
D3	$K_4 = H(-180^\circ)$
D4	0
D5	0

Sortie	Valeur
V0	$\sin(\theta + 0^\circ)$
V1	$\sin(\theta - 90^\circ)$
V2	$\sin(\theta - 180^\circ)$
V3	Triangle

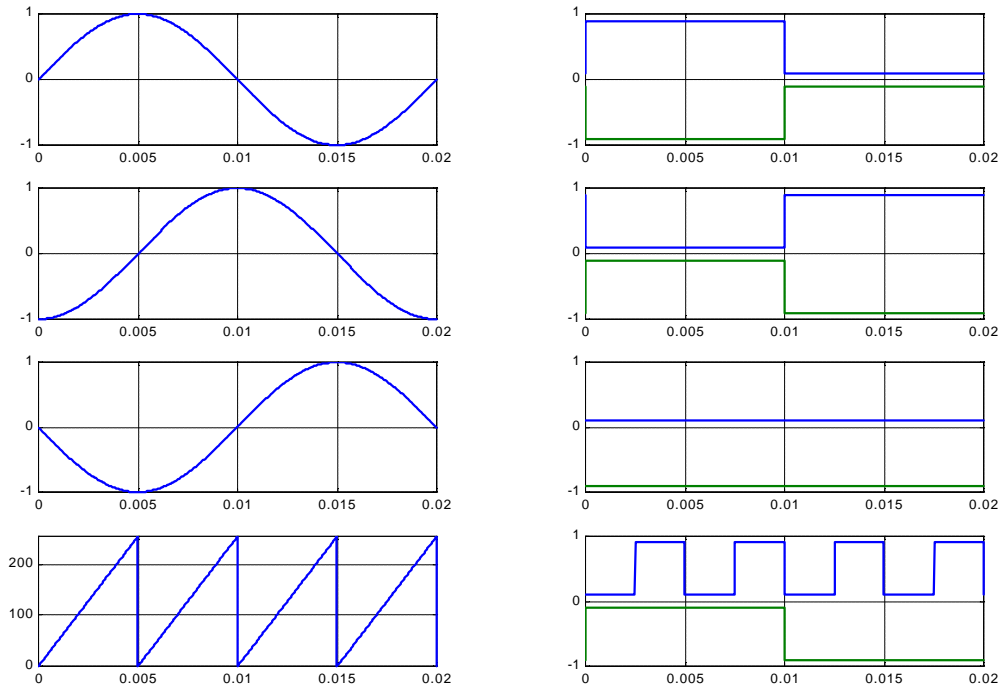


Figure 4.3. Chronogrammes de fonctionnement (motif00.m).

4.1.4 Définition du motif N° 01

Cahier des charges : onduleur monophasé tri-polaire – Commande décalée à 60°.

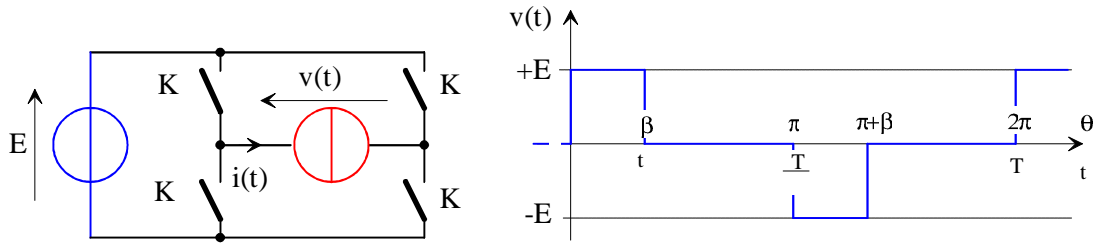


Fig. 4.5. Onduleur en commande décalée (dessins\hacheur1.drw)

En monophasé : $K_1 = H(0^\circ)$; $K_2 = \bar{H}(0^\circ)$; $K_3 = \bar{H}(-60^\circ)$; $K_4 = H(-60^\circ)$.

Tableau 4.2. Affectation des sorties – Motif 01.

Bits	Valeur	Sortie	Valeur
D0	$K_1 = H(0^\circ)$	V0	$\sin(\theta + 0^\circ)$
D1	$K_2 = \bar{H}(0^\circ)$	V1	$\cos(\theta - 30^\circ)$
D2	$K_3 = \bar{H}(-60^\circ)$	V2	$\cos(\theta - 60^\circ)$
D3	$K_4 = H(-60^\circ)$	V3	Triangle
D4	0		
D5	0		

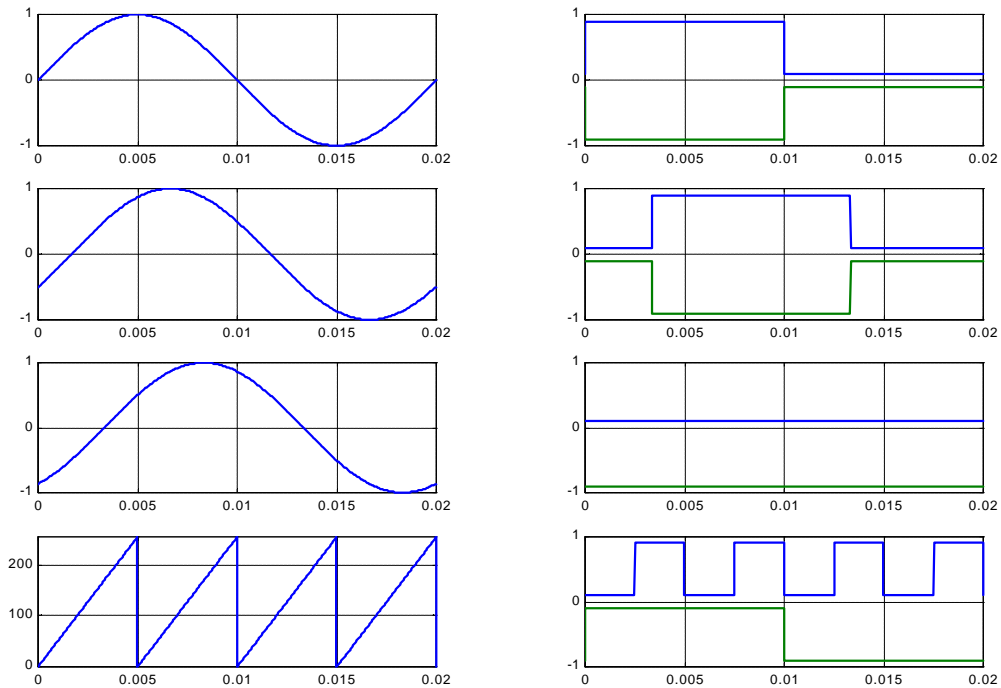


Figure 4.4. Chronogrammes de fonctionnement (motif01.m).

4.1.5 Définition du motif N° 02

Cahier des charges : onduleur monophasé tri-polaire – Commande décalée à 120°.

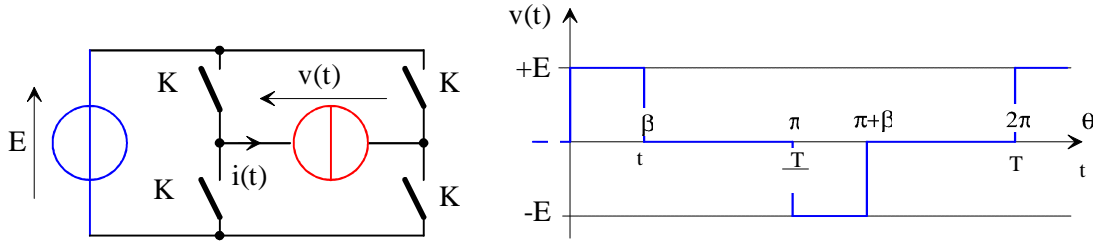


Fig. 4.6. Onduleur en commande décalée (dessins\hacheur1.drw)

En monophasé : $K_1 = H(0^\circ)$; $K_2 = \bar{H}(0^\circ)$; $K_3 = \bar{H}(-120^\circ)$; $K_4 = H(120^\circ)$.

Tableau 4.3. Affectation des sorties – Motif 02.

Bits	Valeur	Sortie	Valeur
D0	$K_1 = H(0^\circ)$	V0	$\sin(\theta + 0^\circ)$
D1	$K_2 = \bar{H}(0^\circ)$	V1	$\cos(\theta - 30^\circ)$
D2	$K_3 = \bar{H}(-120^\circ)$	V2	$\cos(\theta - 60^\circ)$
D3	$K_4 = H(-120^\circ)$	V3	Triangle
D4	0		
D5	0		

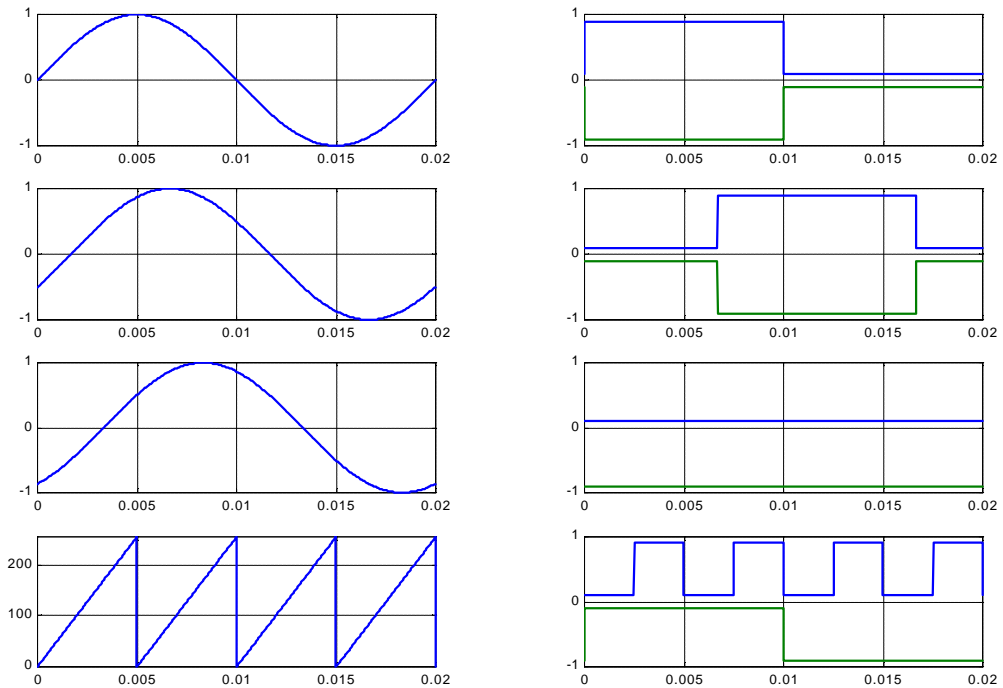


Figure 4.5. Chronogrammes de fonctionnement (motif02.m).

4.1.6 Définition du motif N° 03

Cahier des charges : onduleur monophasé bipolaire – Calcul des instants de commutation tel qu'il n'y ait pas d'harmonique 3 et 5, soit $\alpha_1 = 23^\circ 6$ et $\alpha_2 = 33^\circ 3$ (cas N°2).

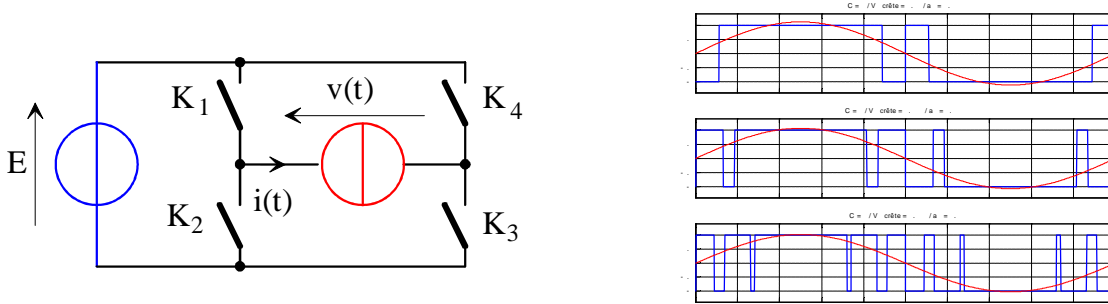


Fig. 4.7. Onduleur MLI (dessins\hacheur1.drw et mli3b.m)

En monophasé : $K_1 = \text{MLI}$; $K_2 = \overline{\text{MLI}}$; $K_3 = \text{MLI}$; $K_4 = \overline{\text{MLI}}$.

Tableau 4.4. Affectation des sorties – Motif 03.

Bits	Valeur	Sortie	Valeur
D0	$K_1 = \text{MLI}$	V0	$\sin(\theta)$
D1	$K_2 = \overline{\text{MLI}}$	V1	$\sin(3 \cdot \theta)$
D2	$K_3 = \text{MLI}$	V2	$\sin(5 \cdot \theta)$
D3	$K_4 = \overline{\text{MLI}}$	V3	Triangle
D4	0		
D5	0		

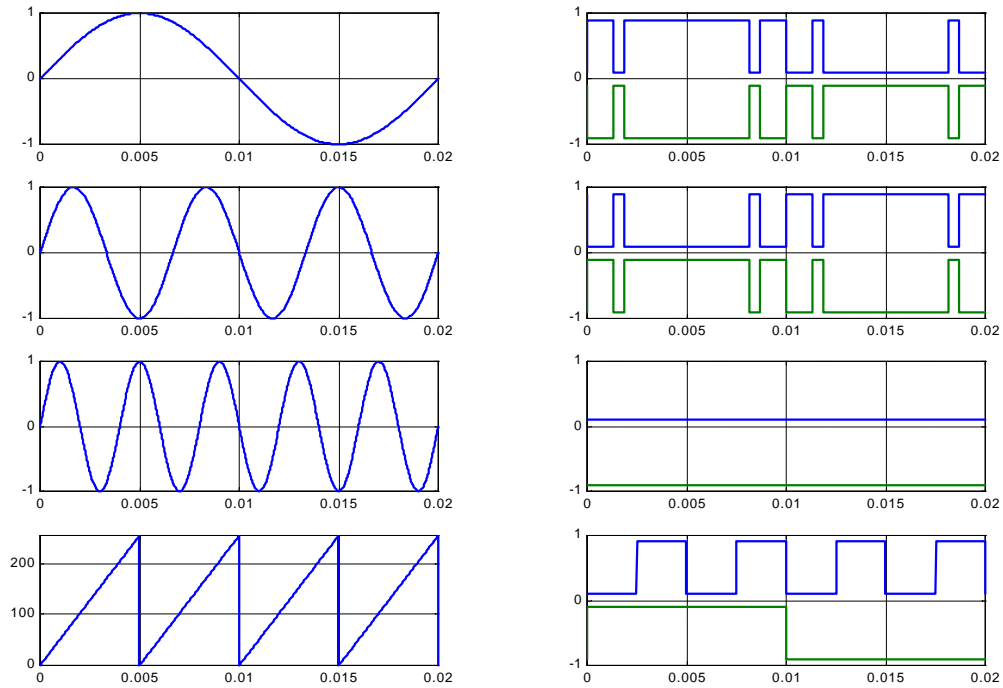


Figure 4.6. Chronogrammes de fonctionnement (motif03.m).

4.1.7 Définition du motif N° 04

Cahier des charges : onduleur monophasé bipolaire – Calcul des instants de commutation : pas d'harmoniques 3, 5, 7 et 9 ; $\alpha_1 = 15^\circ$, $\alpha_2 = 24^\circ$, $\alpha_3 = 46^\circ$, $\alpha_4 = 50^\circ$ (cas N°3).

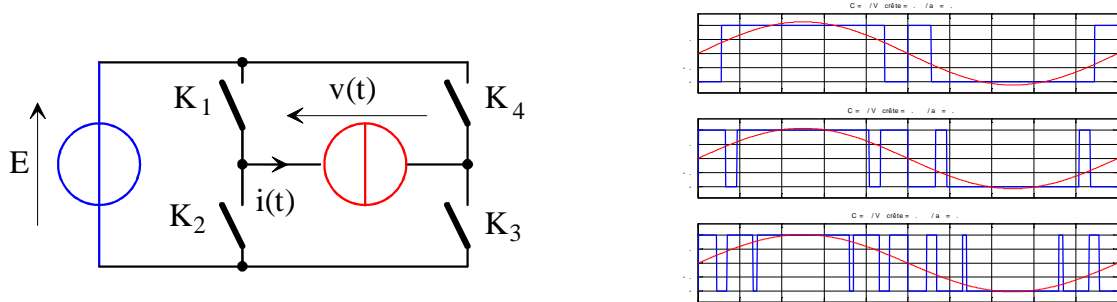


Fig. 4.8. Onduleur MLI (dessins\hacheur1.drw et mli3b.m)

En monophasé : $K_1 = \text{MLI}$; $K_2 = \overline{\text{MLI}}$; $K_3 = \text{MLI}$; $K_4 = \overline{\text{MLI}}$.

Tableau 4.5. Affectation des sorties – Motif 04.

Bits	Valeur	Sortie	Valeur
D0	$K_1 = \text{MLI}$	V0	$\sin(\theta)$
D1	$K_2 = \overline{\text{MLI}}$	V1	$\sin(3 \cdot \theta)$
D2	$K_3 = \text{MLI}$	V2	$\sin(5 \cdot \theta)$
D3	$K_4 = \overline{\text{MLI}}$	V3	Triangle
D4	0		
D5	0		

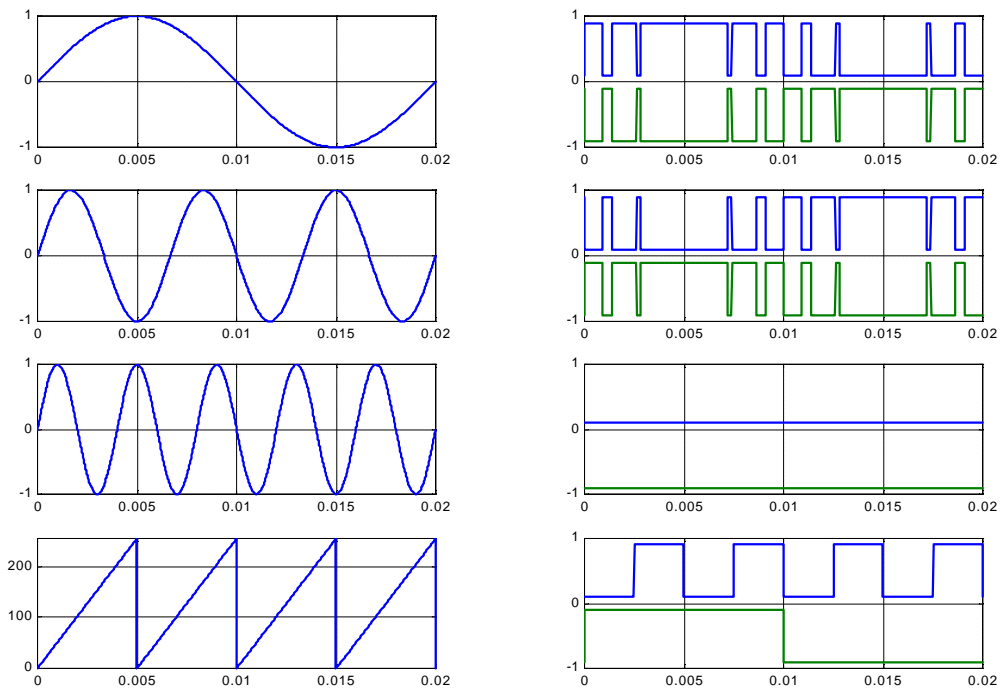


Figure 4.7. Chronogrammes de fonctionnement (motif04.m).

4.1.8 Définition du motif N° 05

Cahier des charges : onduleur monophasé tri-polaire – Calcul des instants de commutation tel qu'il n'y ait pas d'harmonique 3, 5 et 7, soit $\alpha_1 = 22^\circ 7'$, $\alpha_2 = 37^\circ 85'$, $\alpha_3 = 46^\circ 8'$ (cas N°3).

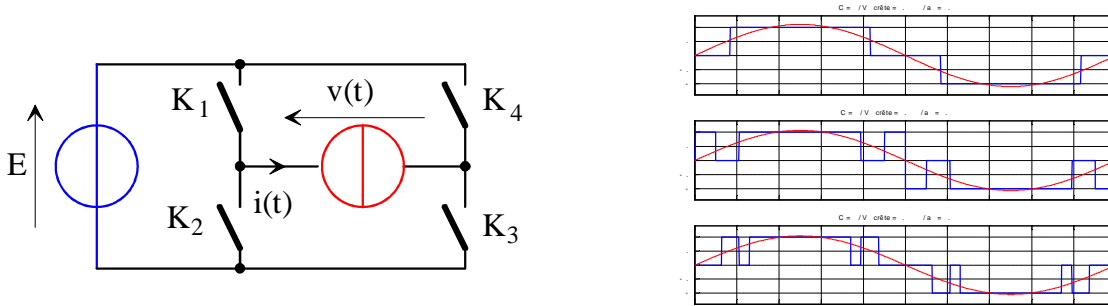


Fig. 4.9. Onduleur MLI (dessins\hacheur1.drw et mli4a.m)

En monophasé : $K_1 = \text{MLI1}$; $K_2 = \overline{\text{MLI1}}$; $K_3 = \text{MLI2}$; $K_4 = \overline{\text{MLI2}}$.

Tableau 4.6. Affectation des sorties – Motif 05.

Bits	Valeur	Sortie	Valeur
D0	$K_1 = \text{MLI1}$	V0	$\sin(\theta)$
D1	$K_2 = \overline{\text{MLI1}}$	V1	$\sin(3 \cdot \theta)$
D2	$K_3 = \text{MLI2}$	V2	$\sin(5 \cdot \theta)$
D3	$K_4 = \overline{\text{MLI2}}$	V3	Triangle
D4	0		
D5	0		

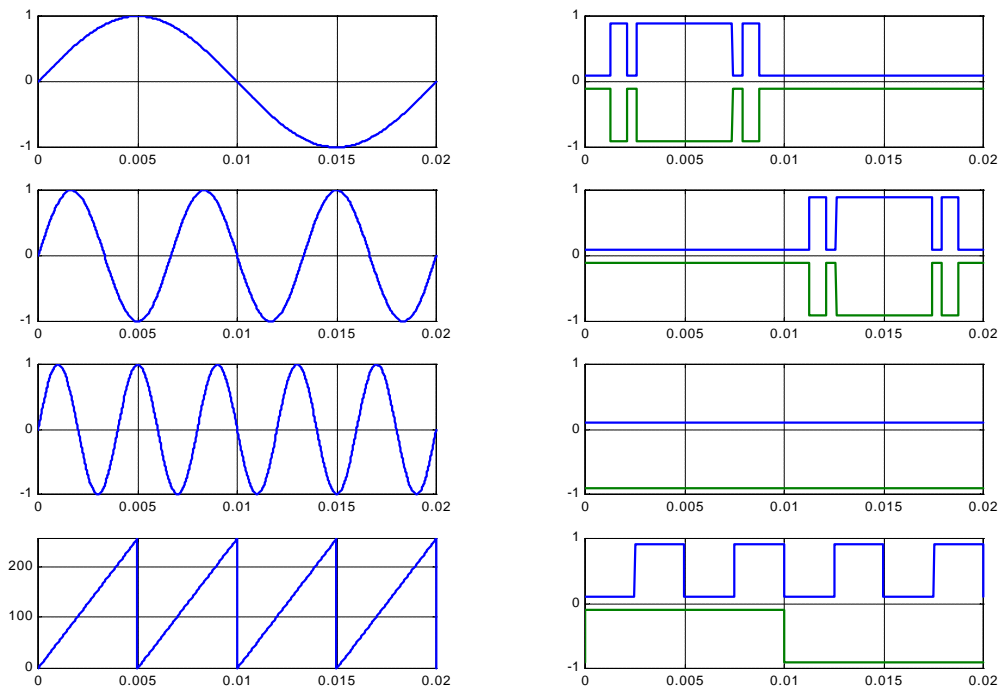


Figure 4.8. Chronogrammes de fonctionnement (motif05.m).

4.1.9 Définition du motif N° 06

Cahier des charges : onduleur monophasé bipolaire – Commande MLI à fréquence fixe $F_d = 500$ Hz et d'indice de modulation $m = 0,9$.

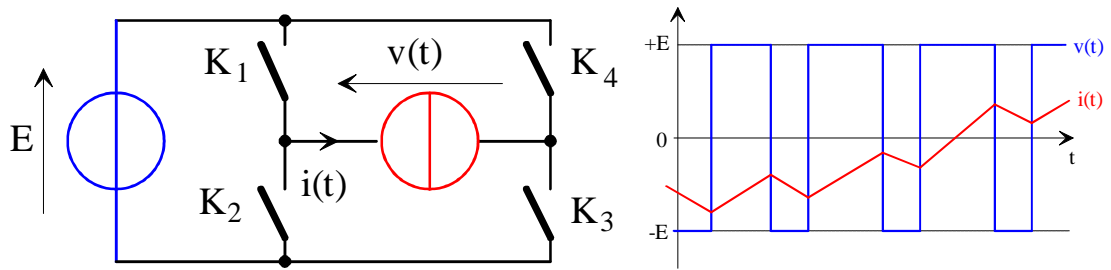


Fig. 4.10. Onduleur MLI bipolaire (dessins\hacheur1.drw et h_comp1.drw)

En monophasé : $K_1 = \overline{MLI}$; $K_2 = MLI$; $K_3 = \overline{MLI}$; $K_4 = MLI$.

Tableau 4.7. Affectation des sorties – Motif 06.

Bits	Valeur	Sortie	Valeur
D0	$K_1 = \overline{MLI}$	V0	$\sin(\theta)$
D1	$K_2 = MLI$	V1	$\sin(3 \cdot \theta)$
D2	$K_3 = \overline{MLI}$	V2	$\sin(5 \cdot \theta)$
D3	$K_4 = MLI$	V3	Triangle
D4	0		
D5	0		

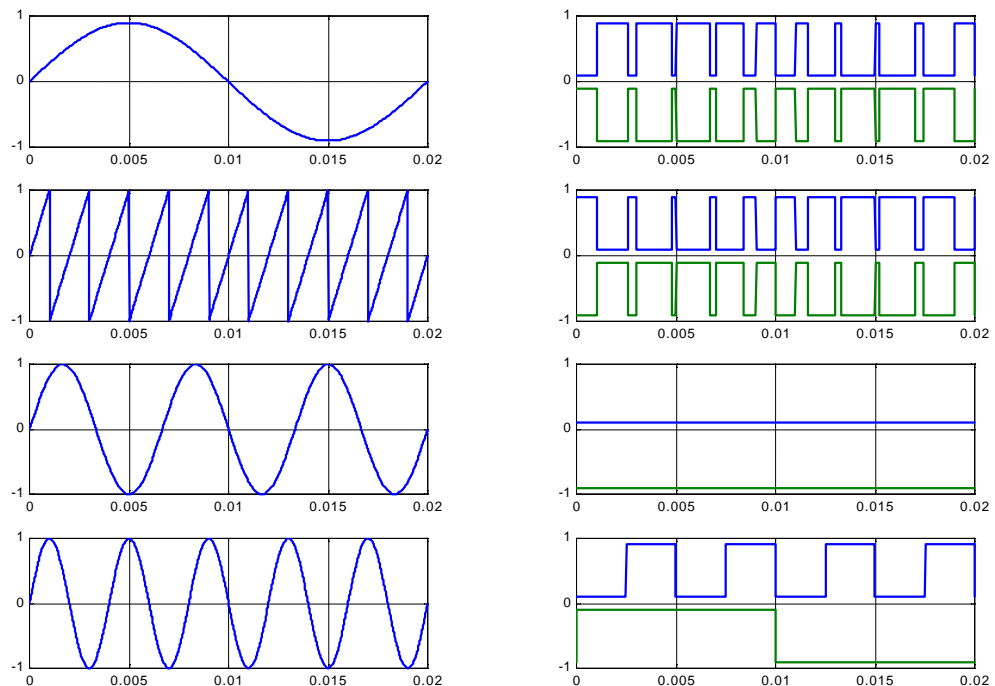


Figure 4.9. Chronogrammes de fonctionnement (motif06.m).

4.1.10 Définition du motif N° 07

Cahier des charges : onduleur monophasé tri-polaire – Commande MLI à fréquence fixe $F_d = 1000$ Hz et d'indice de modulation $m = 0,9$.

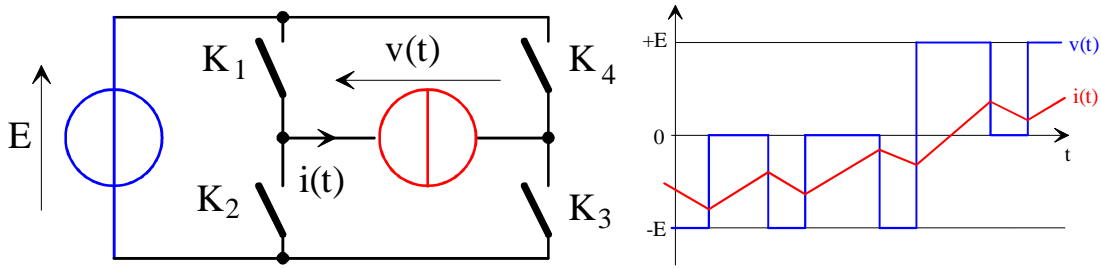


Fig. 4.11. Onduleur MLI tri-polaire (dessins\hacheur1.drw et h_comp2.drw)

En monophasé : $K_1 = \text{MLI}$; $K_2 = \overline{\text{MLI}}$; $K_3 = \text{MLI}$; $K_4 = \overline{\text{MLI}}$.

Tableau 4.8. Affectation des sorties – Motif 06.

Bits	Valeur	Sortie	Valeur
D0	$K_1 = \text{MLI}$	V0	$\sin(\theta)$
D1	$K_2 = \overline{\text{MLI}}$	V1	$\sin(3 \cdot \theta)$
D2	$K_3 = \text{MLI}$	V2	$\sin(5 \cdot \theta)$
D3	$K_4 = \overline{\text{MLI}}$	V3	Triangle
D4	0		
D5	0		

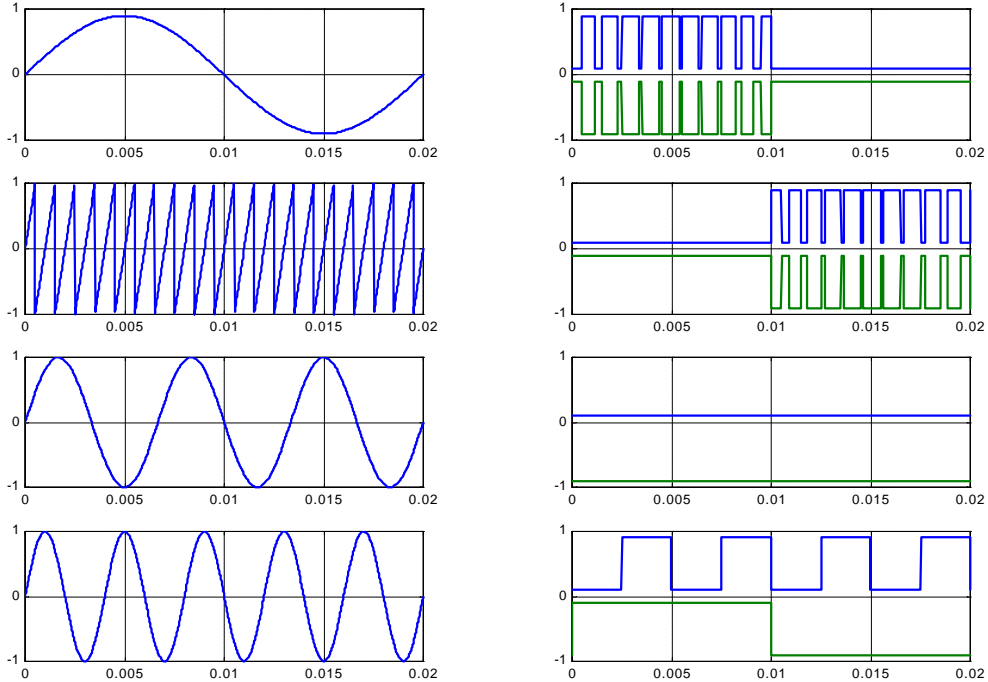


Figure 4.10. Chronogrammes de fonctionnement (motif07.m).

4.1.11 Définition du motif N° 08

Cahier des charges : onduleur pleine onde triphasé.

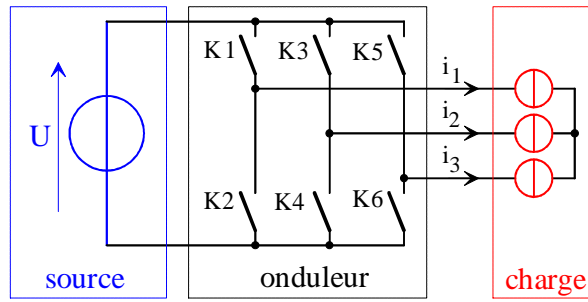


Fig. 4.12. Onduleur triphasé de tension (dessins\tri1.drw).

$$K_1 = H(0^\circ), K_2 = \bar{H}(0^\circ), K_3 = H(-120^\circ), K_4 = \bar{H}(-120^\circ), K_5 = H(-240^\circ), K_6 = \bar{H}(-240^\circ).$$

Tableau 4.9. Affectation des sorties – Motif 0.

Bits	Valeur	Sortie	Valeur
D0	$K_1 = H(0^\circ)$	V0	$\sin(\theta + 0^\circ)$
D1	$K_2 = \bar{H}(0^\circ)$	V1	$\sin(\theta - 120^\circ)$
D2	$K_3 = H(-120^\circ)$	V2	$\sin(\theta - 240^\circ)$
D3	$K_4 = \bar{H}(-120^\circ)$	V3	Triangle
D4	$K_5 = H(-240^\circ)$		
D5	$K_6 = \bar{H}(-240^\circ)$		

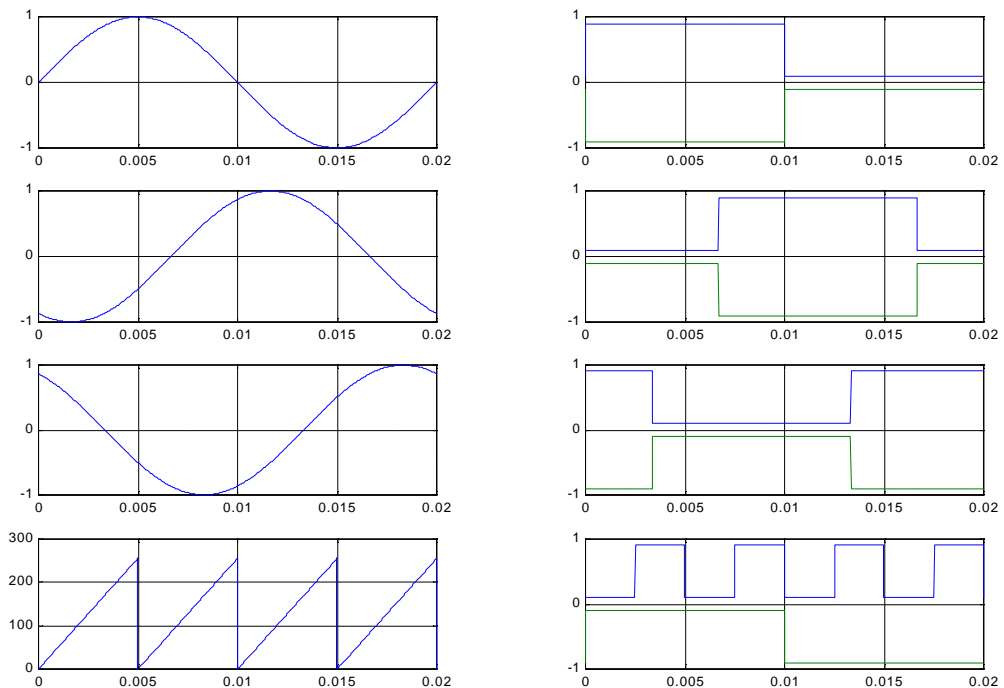


Figure 4.11. Chronogrammes de fonctionnement (motif08.m).

```

% Programme d'étude de la MLI - Motif N° 00.
% Génération des fichiers "E64_00.BIN" et "E256_01.BIN".
% Onduleur pleine onde monophasé.
% Tensions analogiques : sin(0°), sin(-90°), sin(-180°), triangle.
% Thierry LEQUEU, le samedi 22 septembre 2001.

clear
format compact
format short

% Nombre de points :
maxi = 2^10

% Définitions des constantes du motif :
F = 50
T = 1/F
tmin = 0
tmax = T
t = [tmin:(tmax-tmin)/(maxi-1):tmax];
x = [1:maxi];

% Définition des tensions analogiques :
v0 = sin(2*pi*F*t - 0/180*pi);
v1 = sin(2*pi*F*t - 90/180*pi);
v2 = sin(2*pi*F*t - 180/180*pi);

% Définition des fonctions numériques :
y0 = sin(2*pi*F*t - 0/180*pi);
y1 = sin(2*pi*F*t - 180/180*pi);
y2 = zeros(size(y0));
y3 = x-floor(x/256)*256;

% Définition des bits de sorties :
d0 = (y0>0); % K1 = d0
d1 = 1-d0; % K2 = d1
d2 = (y1>0); % K4 = d2
d3 = 1-d2; % K3 = d3
d4 = y2;
d5 = y2;
d6 = (y3>128);
d7 = (sin(2*pi*F*t)>0);

% Affichages des grandeurs :
figure(1);
set(1,'DefaultLineLineWidth',2);
subplot(4,2,1); plot(t,v0); axis([0 T -1 1]); grid;
subplot(4,2,3); plot(t,v1); axis([0 T -1 1]); grid;
subplot(4,2,5); plot(t,v2); axis([0 T -1 1]); grid;
subplot(4,2,7); plot(t,y3); axis([0 T 0 256]); grid;

g = 0.8; o1 = +0.1; o2=-0.9;
subplot(4,2,2); plot(t,o1+g*d0,t,o2+g*d1); axis([0 T -1 1]); grid;
subplot(4,2,4); plot(t,o1+g*d2,t,o2+g*d3); axis([0 T -1 1]); grid;
subplot(4,2,6); plot(t,o1+g*d4,t,o2+g*d5); axis([0 T -1 1]); grid;
subplot(4,2,8); plot(t,o1+g*d6,t,o2+g*d7); axis([0 T -1 1]); grid;

fftmli(d0,d2,v0,t,T,maxi,1000);

% Définition de la séquence MLI 27C64 :

a = feprom(d0,d1,d2,d3,d4,d5,d6,d7);

% Affiche en binaire :
binaire(a(1:16))

fid = fopen('E064_00.bin','wb')
fwrite(fid,a,'uchar')
fclose(fid)

% Définition de la séquence CNA 27C256 :
for k=1:maxi
    b((k-1)*4+1)= 128 + round( 127 * v0(k) );
    b((k-1)*4+2)= 128 + round( 127 * v1(k) );
    b((k-1)*4+3)= 128 + round( 127 * v2(k) );

```

```
    b((k-1)*4+4)= y3(k);  
end;
```

```
binaire(b(1:16))
```

```
fid = fopen('E256_00.bin','wb')  
fwrite(fid,b,'uchar')  
fclose(fid)
```