

Projet 3 - MLI8BITS / Générateur MLI numérique 8 bits & analogique.

Projet : IUT1

Info : [DATA156]

Révision : 2 du 9 décembre 1999

Révision : 3 du 6 septembre 2001.

Révision : 4 du 6 septembre 2002.

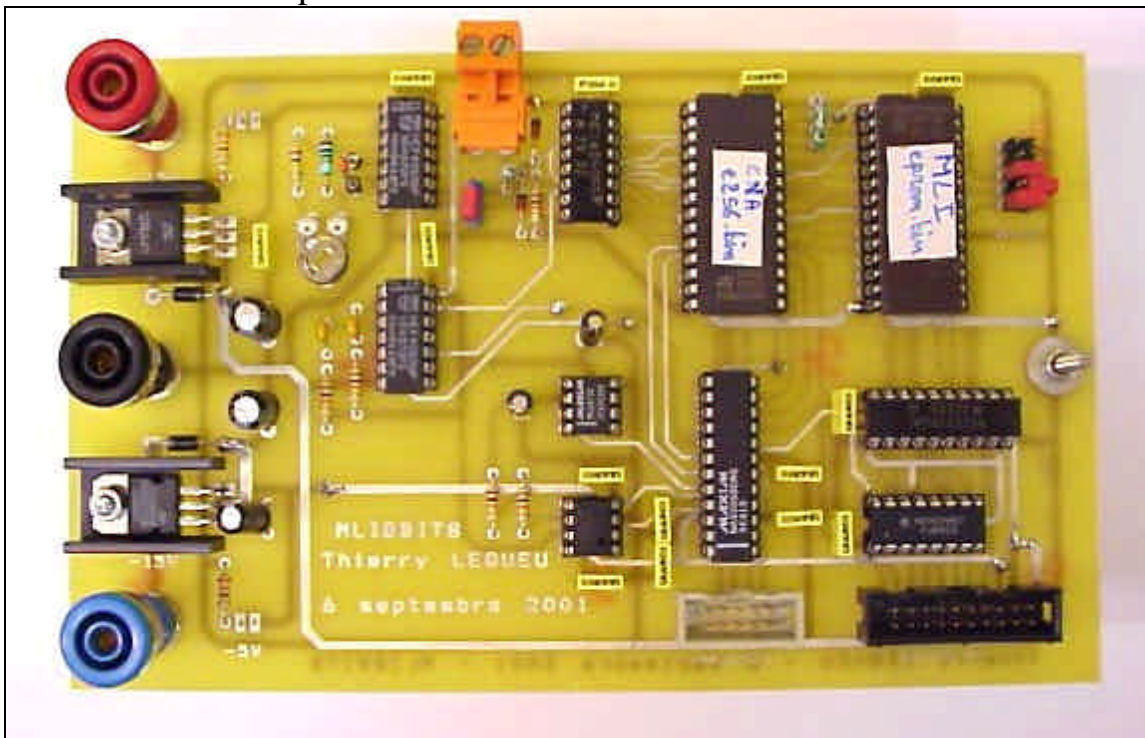


Figure 3.1. Vue du circuit imprimé (images-maquettes\mli8bits21.jpg).

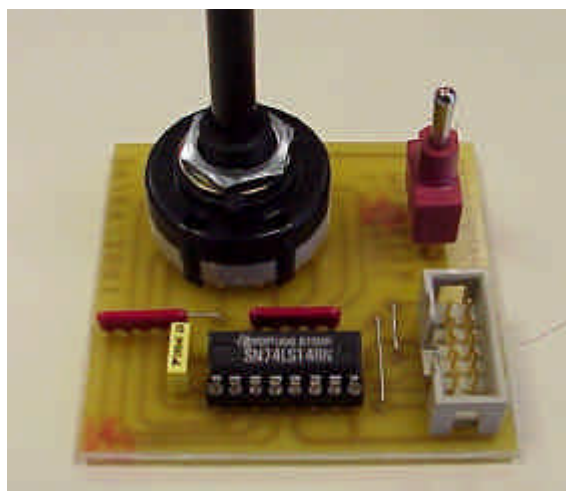


Figure 3.0. Vue du circuit imprimé (images-maquettes\mli8bits51.jpg).

3.1 Liste des documents

- Résolution du générateur.
- Liste des composants.
- Schéma électronique de l'alimentation.
- Schéma électronique du générateur MLI.
- Circuit imprimé coté composants.
- Circuit imprimé coté cuivre.
- Implantation des composants.
- Plan de perçage.
- Documentations : CD4093, CD4040, CD4504, TL081, MAX873, MAX505, 27C256, 27C64, 74LS374, 7805, 7905.

3.2 Allure des principaux composants



Figure 3.1. Embases filetées (images-composants\embases.gif).



Figure 3.2. Connecteurs borniers (images-composants>Weidmuller-2.jpg).



Figure 3.3. Commutateur 12 position LORLIN (images-composants\commut12.jpg).

3.3 Liste des composants

Tableau 3.1. Liste des composants (projets-iut1.xls\MLI8BITS).

N°	Quantité	Référence	Désignation	Empreinte
1	2	C1,C3	100uF	RADIAL06
2	2	C2,C4	1uF	CK06
3	1	C5	33 pF	CK05-3
4	14	C6, C7, C9,...C18, C22, C24	100nF	CK06
5	3	C8,C19,C23	10uF - FC	RADIAL06
6	2	C20,C21	47 pF	CK05-3
7	2	D2,D1	1N4001	DO41
8	2	D4,D3	1N4148	DO35
9	1	JH1	ROUGE	EMBASE
10	1	JH2	NOIRE	EMBASE
11	1	JH3	BLEUE	EMBASE
12	2	JP1,JP2	LED	02PL1
13	1	JP3	DATA MLI	20SH100
14	1	JP4	CLOCK	WEID2
15	1	JP5	SA13	03PC1
16	1	JP6	SELECT	03PL1
17	1	JP7	ANALOG	10SH100
18	1	JP8	12 positions	COMMUT12
19	2	JP10,JP9	HEADER 5X2	10SH100
20	1	JP11	SA15	03PC1
21	1	JP12	TENSION	03PC1
22	2	R2,R1	330	RC04
23	3	R3,R14,R15	10k	RC04
24	1	R7	1K	RC04
25	1	R8	1M	RC04
26	1	R9	100K	RAJ1
27	1	R10	100	RB71
28	2	R11,R12	100k	RC04
29	3	R16,R17,R18	5 x 4.7k	05PL1
30	1	R19	4.7k	RAJ1
31	1	SW1	SW MAG-SPDT	SY241
32	1	U1	LM7805	TO220RF1
33	1	U2	LM7905	TO220RF1
34	1	U3	CD4040BE	16DIP300
35	1	U4	27C128	28DIP600
36	1	U5	4504	16DIP300
37	1	U6	HEF4093B	14DIP300
38	1	U7	27C512A	28DIP600
39	1	U8	MAX873	08DIP300L
40	1	U9	MAX505	24DIP300
41	1	U10	TL081	08DIP300L
42	1	U11	HEF4093B	14DIP300L
43	1	U12	74LS373	20DIP300
44	1	U13	74LS148	
45	1	VIS1	VISSERIE	M3L

3.4 Désignation des connecteurs

Tableau 3.2. Connecteur MLI numérique et tensions analogique – Vue de dessus.

EPROM Bit – N° broche	74 LS 374 Entrée - Sortie	CD 4504 BE Entrée - Sortie	Connecteur	Câble en nappe
			+15V	15V
			+5V	GND + V
D6 – 18	13 – 12	direct	D6	GND D6
D7 – 19	8 – 9	Direct	D7	GND D7
D4 – 16	7 – 6	9 – 10	D4	GND D4
D3 – 15	14 – 15	7 – 6	D3	GND D3
D5 – 17	4 – 5	11 – 12	D5	GND D5
D0 – 11	17 – 16	5 – 4	D0	GND D0
D2 – 13	3 – 2	3 – 2	D2	GND D2
D1 – 12	18 – 19	14 – 15	D1	GND D1

Tableau 3.3. Connecteur tensions analogique – Vue de dessus.

MAX 505	Connecteur	Câble en nappe
2	V _{OUT} A	V _{OUT} A GND
1	V _{OUT} B	V _{OUT} B GND
23	V _{OUT} D	V _{OUT} D GND
24	V _{OUT} C	V _{OUT} C GND
n. c.	n. c.	n. c. GND

Tableau 3.4. Connecteur de sélection de pages – Vue de dessus.

EPROM° broche	Connecteur	Câble en nappe
n. c.	+5V	+5V GND
	SD	SD GND
	SC	SC GND
	SB	SB GND
	SA	SA GND

3.5 Dimensions mécaniques de la face avant MLI8BITS

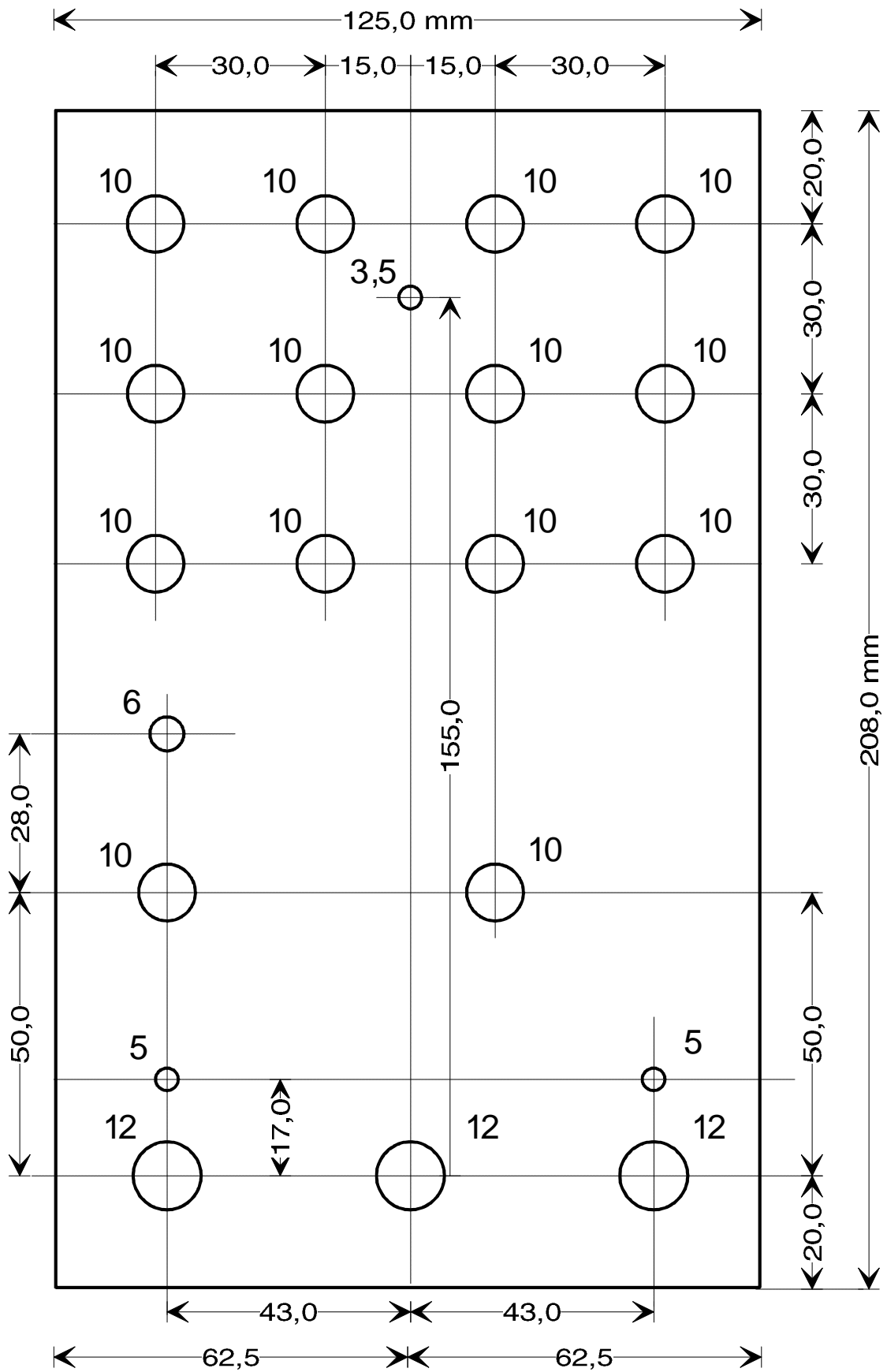


Figure 3.4. Face avant de la commande de TRIAC (orcad\projets-iut1\mli8bit1.drw).

3.6 Etude du générateur MLI numérique

3.6.1 Cahier des charges

Ce générateur d'onde devra produire les signaux MLI nécessaires à la commande d'un onduleur monophasé et/ou triphasé. Il devra donc comporter au moins 6 sorties logiques, correspondant aux 6 transistors de l'onduleur triphasé. La commande d'un onduleur 4 quadrants monophasés se fera en prenant les 4 premières sorties du générateur.

3.6.2 Principe du générateur

Le principe de ce générateur est basé sur l'utilisation d'une EPROM contenant les motifs MLI et qui sera "balayée" par un compteur (fig. 3.5). Les bits de données donnent directement les sorties MLI après adaptation de tension 0-5V → 0-15V.

La sélection de la fonction MLI de sortie se fera par un sélecteur agissant sur les bits de poids fort de l'EPROM. La fréquence de fonctionnement sera réglable grâce à l'oscillateur de commande du compteur.

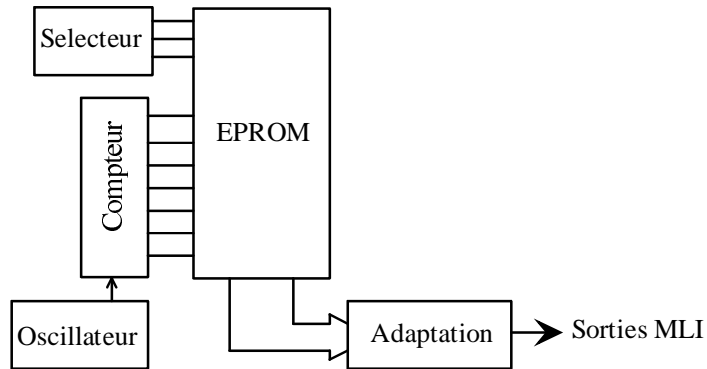


Figure 3.5. Synoptique de fonctionnement (dessins\gene_mli.drw).

3.6.3 Résolution du générateur MLI à EPROM

Date : le lundi 12 avril 1999.

On cherche à générer un signal de base à $F = 50 \text{ Hz}$, soit une période $T = 20 \text{ ms}$. On découpe cette période en environ 1000 pas afin d'avoir une résolution "acceptable".

Ceci correspond, en terme d'EPROM, à une division par $D = 1024 = 2^N$, avec $N = 10$. Dans une EPROM de type 27 64, de 64 kilo bits, soit 8 kilo octets (8 x 1024 octets), on aura donc 8 motifs de 1024 octets.

Le tableau 3.5 donne le nombre maximal de pages disponible en fonction de la résolution souhaité et de la capacité de l'EPROM choisit.

Tableau 3.5. Nombre de pages disponible.

N	2^N	EPROM 27 64 8 Ko	EPROM 27 128 16 Ko	EPROM 27 256 32 Ko	EPROM 27 512 64 Ko
8	256	32	64	128	256
9	512	16	32	64	128
10	1024	8	16	32	64
11	2048	4	8	16	32
12	4096	2	4	8	16
13	8192	1	2	4	8
14	16384		1	2	4
15	32768			1	2
16	65536				1

Avec ce choix d'une EPROM de TYPE 27C64 de 8 Ko, la répartition des adresses est faite de la façon suivante :

- les adresses A_0 à A_9 correspondent aux sorties des compteurs à N bits (ici $N = 10$) ;
- les adresses A_{10} à A_{12} permettent le choix d'une page parmi 8 de valeur "000" à "111" en binaire.

3.6.4 Précision du générateur MLI à EPROM

Afin de parcourir les $2^N = 1024$ octets en une période $T = 20$ ms, la fréquence d'horloge du compteur devra être de :

$$T_{\text{CLK}} = \frac{T}{2^N} = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{1024} = 19,5 \mu\text{s} \text{ soit } F_{\text{CLK}} = 2^N \cdot F = 1024 \cdot 50 = 51\,200 \text{ Hz} \quad (3.5)$$

Cette valeur de T_{CLK} est la résolution temporelle de l'onde MLI. Par exemple, pour un signal MLI à fréquence fixe F_{MLI} et à rapport cyclique variable α , T_{CLK} donne le nombre de valeur que peut prendre ce rapport cyclique N_{MLI} en faisant le rapport :

$$N_{\text{MLI}} = \frac{T_{\text{MLI}}}{T_{\text{CLK}}} = \frac{F_{\text{CLK}}}{F_{\text{MLI}}} \quad (3.6)$$

Le tableau 3.6, colonnes de gauche, donne le nombre de pas N_{MLI} du rapport cyclique en fonction de la fréquence du signal MLI F_{MLI} . Le rapport R_{MLI} est celui de F_{MLI} et de la fréquence de base $F = 50$ Hz. Les colonnes de droite considèrent en entrée, le nombre de pas du signal MLI, et permettent d'en déduire la fréquence du signal MLI.

Tableau 3.6. Précision du signal MLI.

F_{MLI} en Hz	R_{MLI}	N_{MLI}	Précision	N_{MLI}	Rapport	F_{MLI} en Hz	Précision
100	2	512,0	0,2%	8	128	6400	12,5%
200	4	256,0	0,4%	16	64	3200	6,3%
300	6	170,7	0,6%	32	32	1600	3,1%
400	8	128,0	0,8%	64	16	800	1,6%
500	10	102,4	1,0%	128	8	400	0,8%
600	12	85,3	1,2%	256	4	200	0,4%
700	14	73,1	1,4%	512	2	100	0,2%
800	16	64,0	1,6%	10	102,4	5120	10,0%
900	18	56,9	1,8%	20	51,2	2560	5,0%
1000	20	51,2	2,0%	40	25,6	1280	2,5%
1500	30	34,1	2,9%	50	20,48	1024	2,0%
2000	40	25,6	3,9%	100	10,24	512	1,0%

La précision qui est indiquée est la précision de la résolution du signal MLI et correspond à l'inverse du nombre de pas N_{MLI} pour une période du signal MLI T_{MLI} . Pour avoir une précision de résolution inférieure à $x = 5\%$, il faut prendre $N_{\text{MLI}} > \frac{1}{x} = 20$, soit une fréquence du signal MLI inférieure à :

$$F_{\text{MLI}} < x \cdot F_{\text{CLK}} = \frac{5}{100} \cdot 51\,200 = 2560 \text{ Hz} \quad (3.7)$$

Le rapport de fréquence maximum vaut alors $R_{\text{MLI}} = 51,2$.

3.7 Définition du générateur analogique

3.7.1 Cahier des charges

Il faut produire, en parallèle du générateur numérique, des tensions analogiques synchronisées avec les signaux MLI. On peut ainsi reproduire la tension sinusoidal de base (à 50 Hz), ainsi que le signal triangulaire qui a servit à fabriquer le signal MLI. On pourra alors synchroniser les appareils de mesure de type analyseurs d'harmoniques ou oscilloscopes sur une grandeur analogique et visualiser un signal MLI "stable".

Pour une application triphasé, il peut être souhaitable de visualiser les trois tensions sinusoidal de base décalée de 120° et la rampe triangulaire, portant à 4 le nombre de voies analogiques nécessaire.

3.7.2 Réalisation pratique

La synthèse numérique des tensions analogiques est faite à partir d'une EPROM et d'un convertisseur Numérique Analogique (CAN). Le circuit MAX 505 de MAXIM est un quadruple CAN 8 bits, intégrant une logique d'interface microprocesseur sur un seul bus de 8 bits. Le chargement des convertisseurs s'effectue en deux temps :

- 1) chargement des registres interne par sélection de l'adresse ($A_0 ; A_1$), puis application d'un front montant sur la ligne $\overline{WR} = \overline{CLK}$;
- 2) chargement synchrone des 4 CAN par un niveau logique bas sur \overline{LDAC} .

En divisant par 4 l'horloge précédemment définie, il est donc possible de charger les 4 CAN pendant un cycle de l'horloge du générateur MLI numérique (fig 3.6).

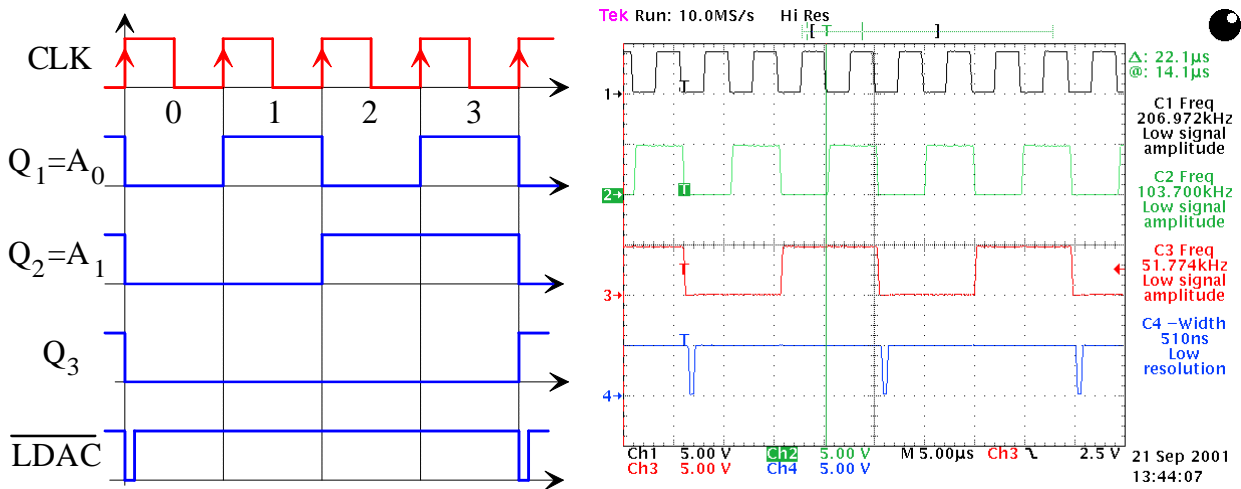


Figure 3.6. Chronogramme de fonctionnement (dessins\mli8bit1.drw & ldac02.pcx).

La sortie Q_3 correspond à la première ligne d'adresse de l'EPROM MLI numérique. Il faut donc étendre le compteur de 2 bit et passer à $N' = N + 2 = 12$ bits. La fréquence de balayage de l'EPROM analogique est multipliée par 4 et on a, toujours pour $F = 50$ Hz :

$$F'_{CLK} = 2^{N+2} \cdot F = 1024 \cdot 4 \cdot 50 = 204\,800 \text{ Hz} \tag{3.8}$$

La nouvelle période d'horloge est donc de $T'_{CLK} = 4,883 \mu\text{s}$. L'impulsion sur la broche \overline{LDAC} doit être terminée avant une demi période, soit $T_{LDAC} < 2,44 \mu\text{s}$.

Cette impulsion est donnée par la charge d'un condensateur jusqu'à la tension de seuil de la porte CMOS, avec $R = 10 \text{ k}\Omega$ et $C = 47 \text{ pF}$:

$$T_{LDAC} = R \cdot C \cdot \ln(2) = 10 \cdot 10^3 \times 47 \cdot 10^{-12} \times \ln(2) = 0,325 \mu\text{s} \tag{3.9}$$

3.7.3 Résolution et précision du générateur analogique

Les convertisseurs fournissent des tension comprissent entre +/- 2,5V, avec -2,5V pour le nombre 0 et +2,5 V environ pour le nombre 255 (tab. 3.7 – page 12, table 3, MAX505.pdf).

Tableau 3.7. Résolution des C.N.A. 8 bits MAX 505.

MSB	LSB	Hexa.	Décimal	Tension analogique	Valeur
1111	1111	FF	127	$V_{REF} \times \left(\frac{127}{128}\right)$	+2,480 V
1000	0001	81	129	$V_{REF} \times \left(\frac{1}{128}\right)$	+19,5 mV
1000	0000	80	128	0 V	0 V
0111	1111	7F	127	$-V_{REF} \times \left(\frac{1}{128}\right)$	-19,5 mV
0000	0001	01	1	$-V_{REF} \times \left(\frac{127}{128}\right)$	-2,480 V
0000	0000	00	0	$-V_{REF} \times \left(\frac{128}{128}\right)$	-2,500 V

Si on désire utiliser la résolution maximale du CAN, à savoir 256 pas de 19,5 mV, il faut diviser la période du signal analogique en 256 intervalles au minimum, soit $N_{MLI} \geq 256$.

Avec le choix précédent $N_{MLI} \geq 20$, un signal passant de -2,5 V à +2,5V en 20 pas aura une résolution de $\frac{5V}{20} = 0,25V$, soit une résolution analogique $y \leq \frac{1}{N_{MLI}} \times 100 = \frac{100}{20} = 5\%$.

Les précisions analogique et numérique sont donc identiques.

Générateur numérique MLI et analogique

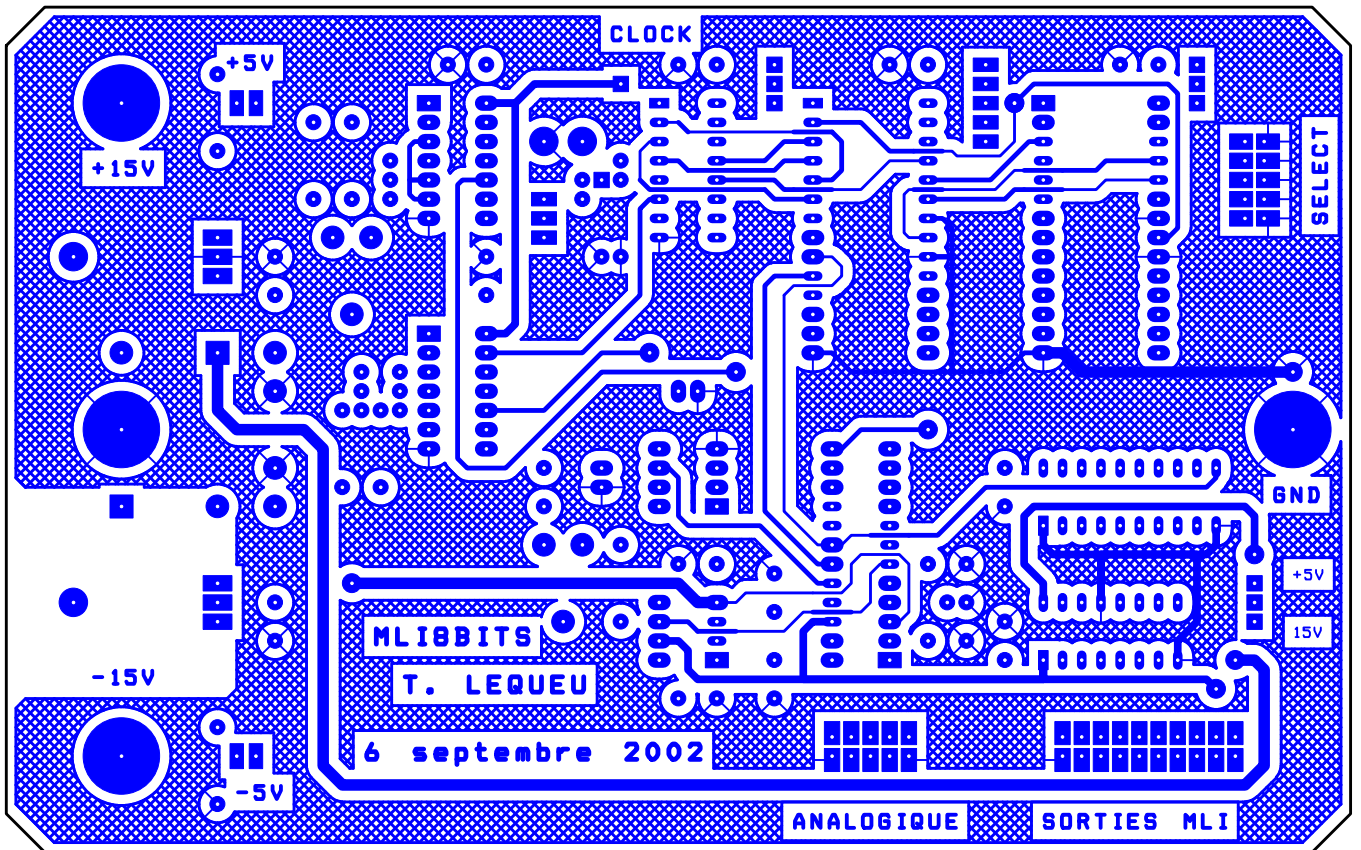
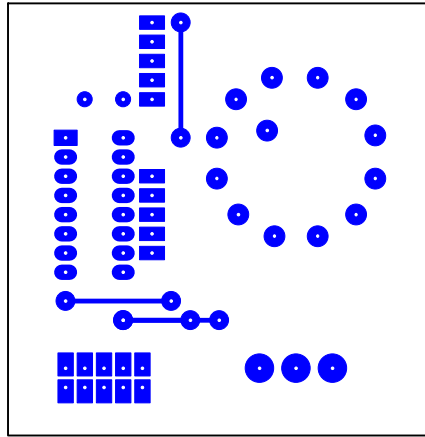
Revised: Friday, September 06, 2002

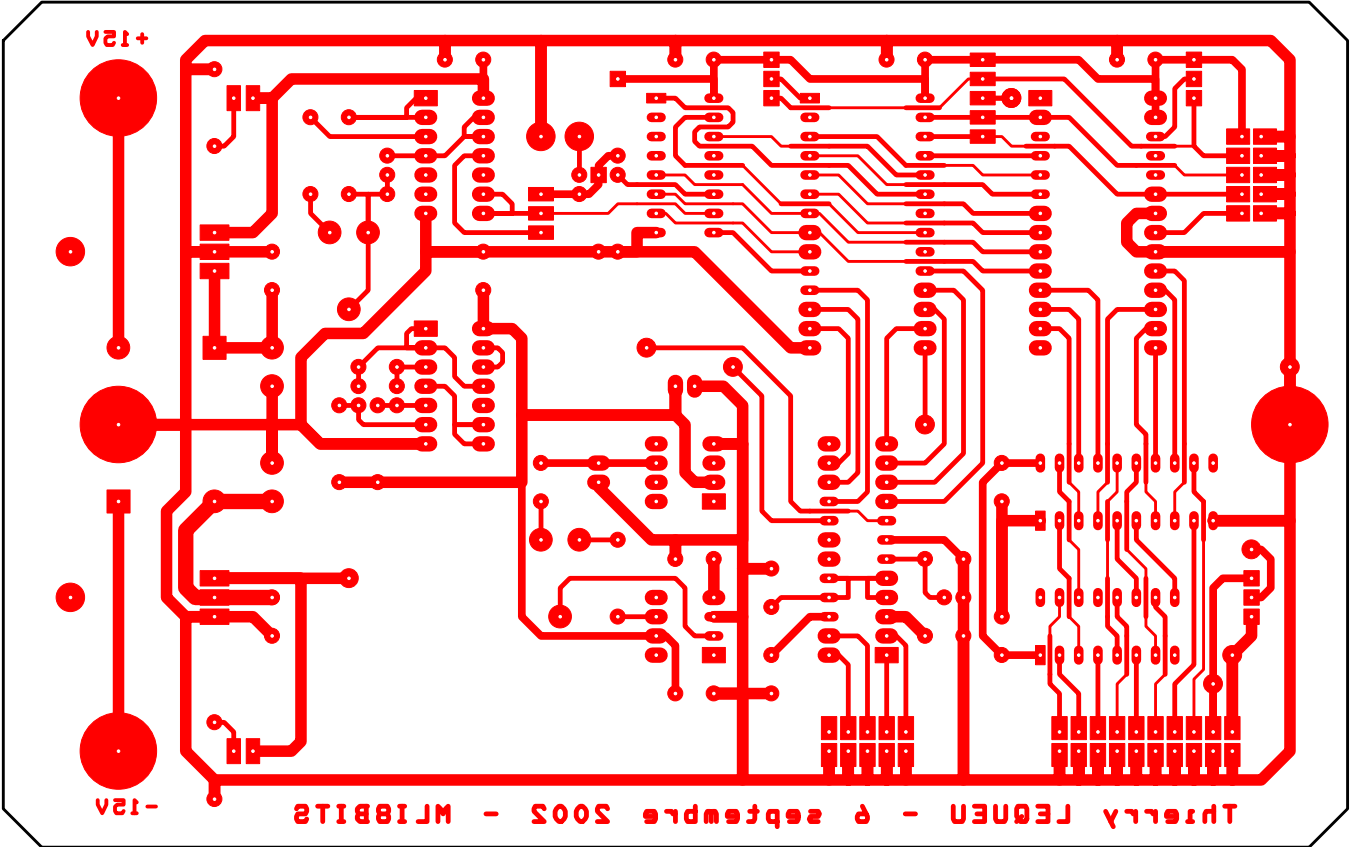
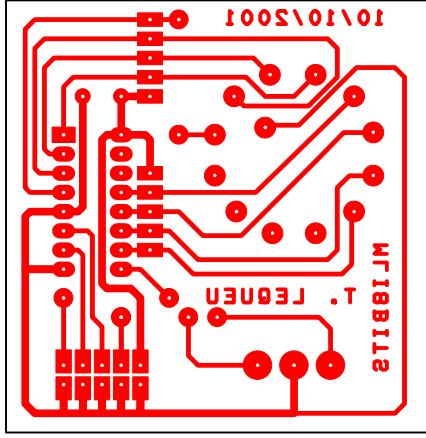
Projet : IUT1 / [DATA156] / MLI8BITS

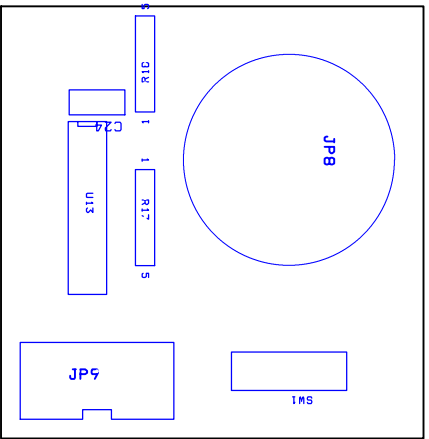
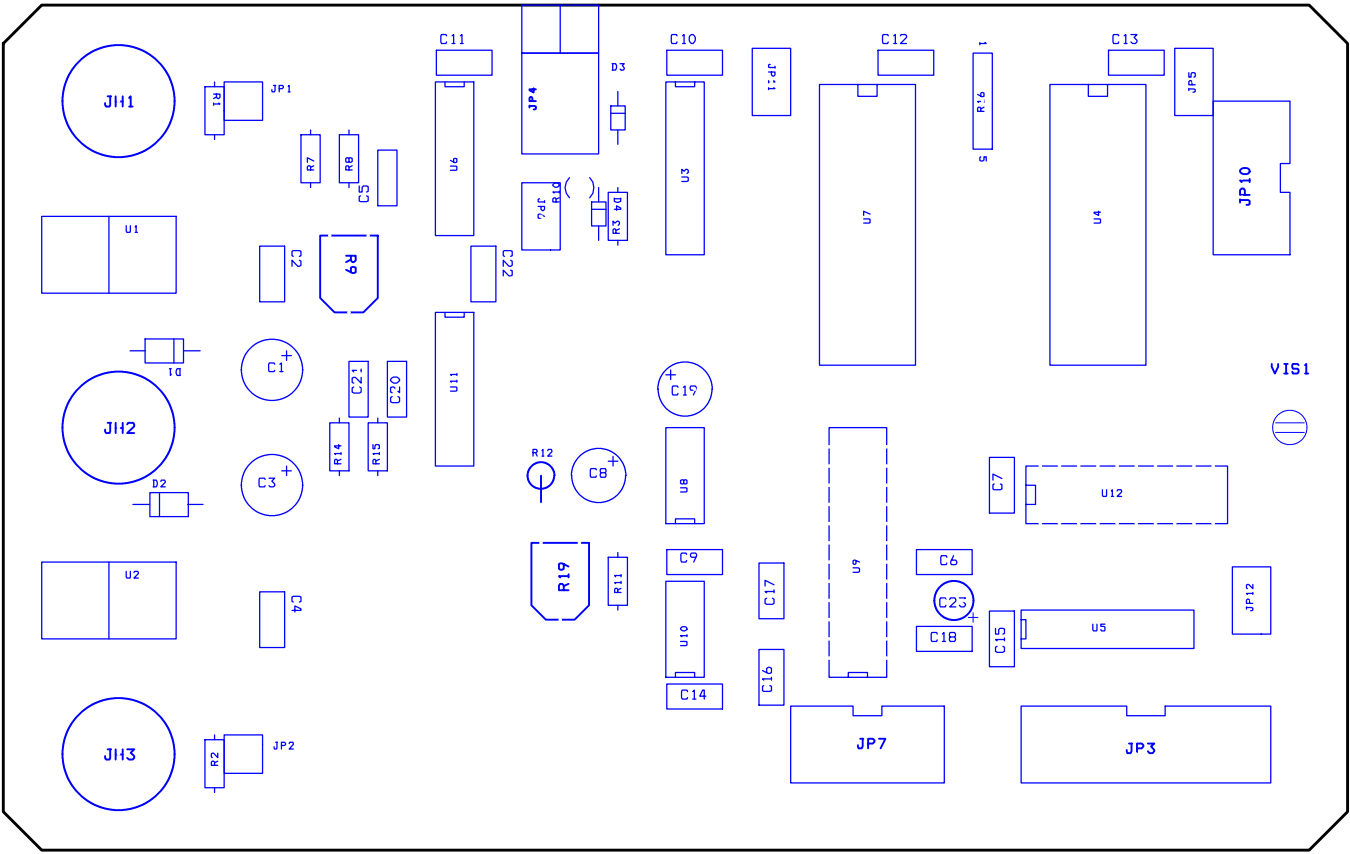
Revision: 3

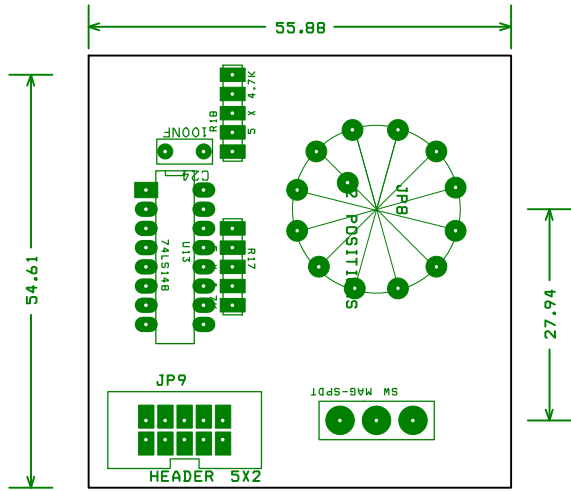
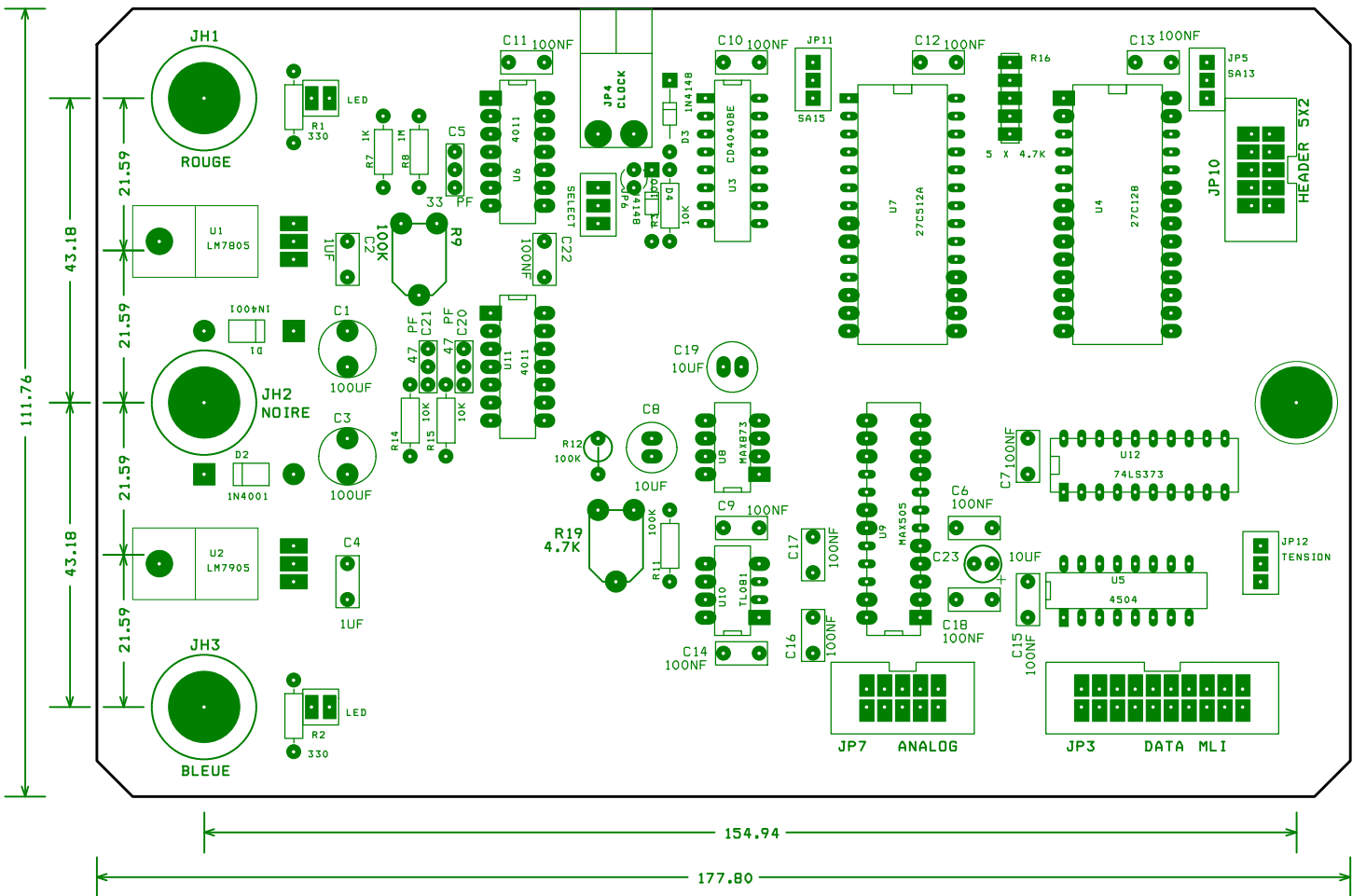
Réf.	Désignation	Qu.	Fournisseur	Date	Code Cde	Page	Prix U.H.T	Prix T.H.T.
C1,C3	de uF à uF V RADIAL	2					, €	, €
C2,C4	1 uF 25V RADIAL	2					, €	, €
C5	33 pF	1					, €	, €
7, C9,...C18, C22	100nF	14					, €	, €
C8,C19,C23	10uF - FC	3					, €	, €
C20,C21	47 pF	2					, €	, €
D2,D1	1N4001	2					, €	, €
D4,D3	1N4148	2					, €	, €
JH1	ROUGE	1					, €	, €
JH2	NOIRE	1					, €	, €
JH3	BLEUE	1					, €	, €
JP1,JP2	LED rouge 5 mm	2					, €	, €
JP3	Connecteur 2 x 10 broches	1					, €	, €
JP4	Connecteur embrochable 2 poin	1					, €	, €
JP5	Selection A13	1					, €	, €
JP6	Selection CLOCK	1					, €	, €
JP7	Connecteur 2 x 5 broches	1					, €	, €
JP8	12 positions	1					, €	, €
JP10,JP9	Connecteur 2 x 5 broches	2					, €	, €
JP11	Selection A15	1					, €	, €
JP12	Selecteur +5V / +15V	1					, €	, €
R2,R1	330	2					, €	, €
R3,R14,R15	10k	3					, €	, €
R7	1K	1					, €	, €
R8	1M	1					, €	, €
R9	100K	1					, €	, €
R10	100	1					, €	, €
R11,R12	100k	2					, €	, €
R16,R17,R18	4 x 4.7k	3					, €	, €
R19	4.7k	1					, €	, €
SW1	Interrupteur à souder sur CI	1					, €	, €
U1	LM7805	1					, €	, €
U2	LM7905	1					, €	, €
U3	CD4040BE	1					, €	, €
U4	27C128	1					, €	, €
U5	CD4504BE	1					, €	, €
U6	HEF4093B	1					, €	, €
U7	27C512A	1					, €	, €
U8	MAX873	1					, €	, €
U9	MAX505	1					, €	, €
U10	TL081	1					, €	, €
U11	HEF4093B	1					, €	, €
U12	74LS373	1					, €	, €
U13	74LS148	1					, €	, €
Divers	Circuit imprimé S.F. x m	162	IUT	1999			, €	, €
Divers	Boitier TEKO P4	1	RadioSon	#####			, €	, €
Divers	BNC femelle pour facade	13					, €	, €
							, €	, €

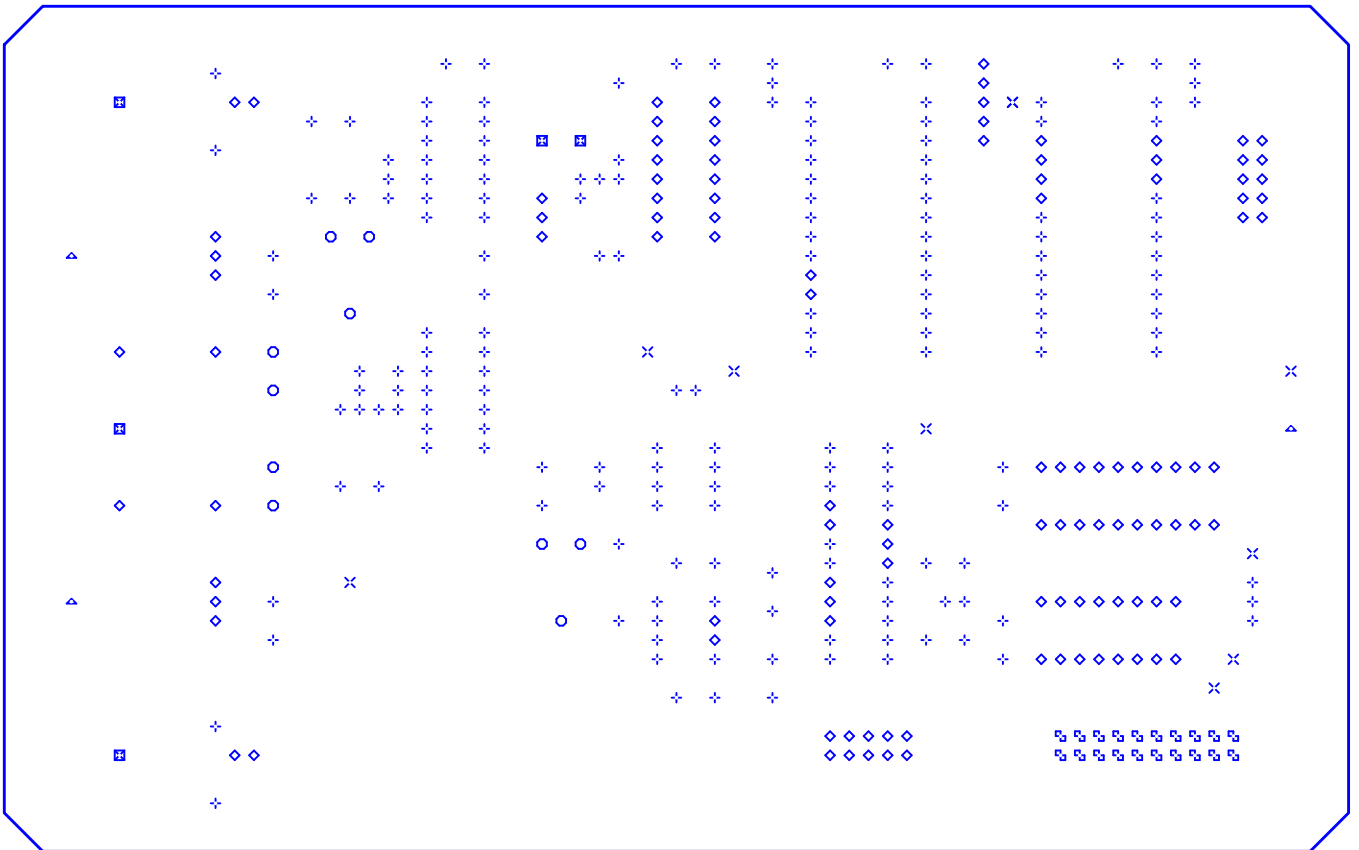
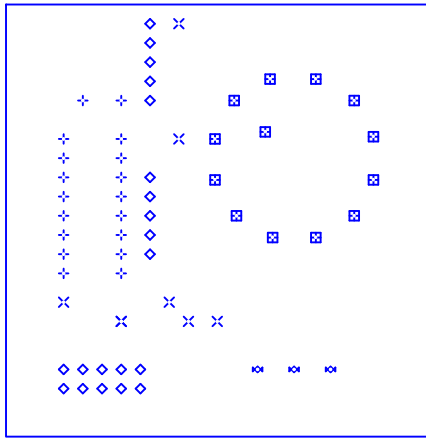
TOTAL H.T. :	, €
Dont TVA : 19,60%	, €
TOTAL T.T.C. :	, €











DRILL CHART				
SYM	DIAM	TOL	QTY	NOTE
▣	0.020		13	
◇	0.024		71	
×	0.028		16	
+	0.031		201	
◇	0.039		62	
▣	0.039		20	
○	0.047		10	
✖	0.059		3	
▣	0.059		2	
△	0.126		3	
▣	0.165		3	
TOTAL			404	