

SYSTEME POINTEL

Adaptation à une ligne téléphonique (RTCP)

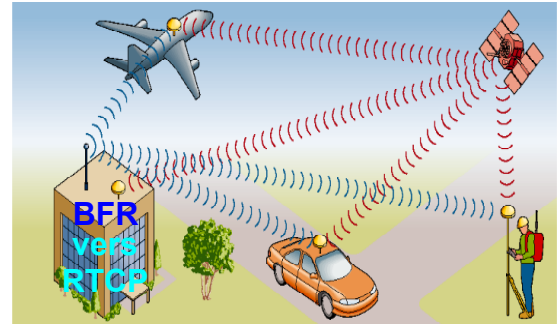
Ce document prend support sur un extrait du sujet national d'Etude de Système Technique du BTS électronique (2000), merci aux auteurs pour le travail fait.

L'étude porte sur la description structurelle d'une carte d'interface avec le RTCP : prise de ligne, commande du courant et caractéristiques du courant de ligne.

A. Mise en situation

Le système POINTEL est conçu pour raccorder des téléphones mobiles au réseau téléphonique commuté public ou privé, via une Borne Fixe Radio (BFR). Cette première norme a donné naissance aux premiers réseaux publics numériques.

Le schéma étudié fait l'interface entre la BFR et le réseau téléphonique commuté public (RTCP).



La fonction « adaptation à une ligne spécialisée : départ » respecte les normes du RTCP.



La demande d'appel "départ" est acquiescée par le central via une inversion de polarité de la tension continue.

En cours de communication :

- La signal analogique est transmis sur la ligne analogique "LA" avec un niveau adéquat.
- Le signal analogique provenant du RTCP est transmis sur "VOICERLA" avec une bonne réjection de "VOICETLA".

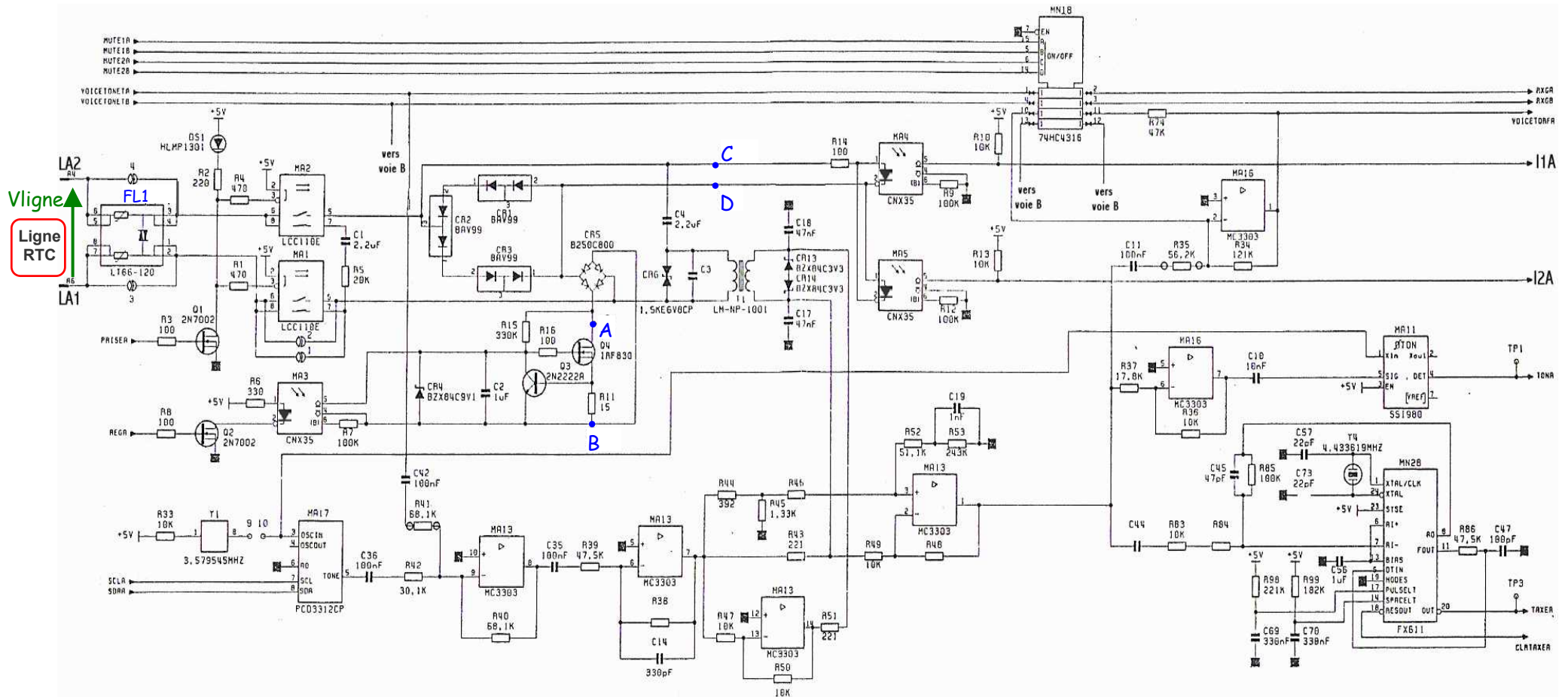
Signification des signaux logiques :

- "PRISEA" : Prise de ligne. Ce signal permet de déconnecter la ligne en respect des spécifications de la norme.
- "REGA" : Prise de ligne effective. Ce signal pilote le courant de boucle.
- "IA" : Signaux indiquant l'inversion de polarité de la ligne LA.
- "LA" : Signal analogique composite conforme aux normes RTCP (voix, tonalité, réaction du central par inversion de polarité).

Documentation fournie en page 3 :

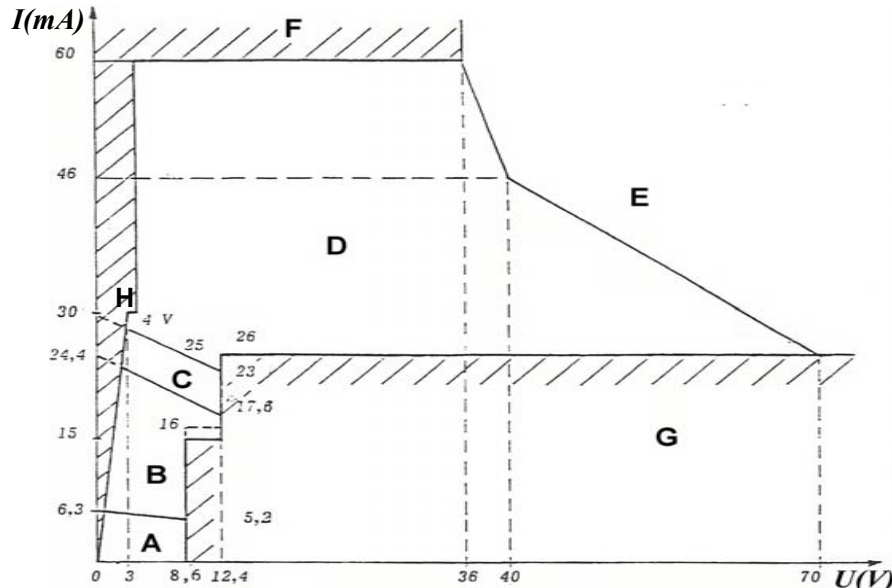
- Gabarit de boucle de la ligne téléphonique $I=f(U)$
- Transistor MOS 2N7002
- Transistor MOS IRF830
- Optocoupleur CNX35

B. Schéma structurel



C. Documentation

Ligne téléphonique : Gabarit de boucle $I=f(U)$



Le gabarit comporte huit plages A, B, C, D, D, E, F, G et H.
Les zones F, G et H sont interdites en continue.
La stabilité du poste doit être garantie dans les zones B, C et D.

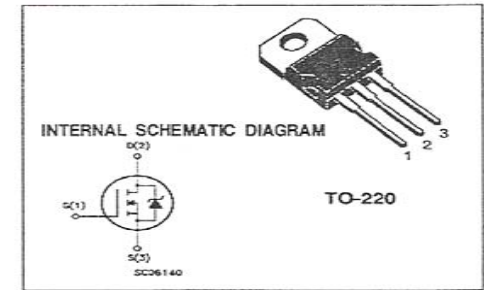
ST IRF830 -N- CHANNEL 500V - 1.35Ω - 4.5A - TO-220 MOSFET

TYPE	V _{DSS}	R _{DS(on)}	I _D
IRF830	500 V	< 1.5 Ω	4.5 A

- TYPICAL R_{DS(on)} = 1.35 Ω
- EXTREMELY HIGH dv/dt CAPABILITY
- 100% AVALANCHE TESTED
- VERY LOW INTRINSIC CAPACITANCES
- GATE CHARGE MINIMIZED

APPLICATIONS

- HIGH CURRENT, HIGH SPEED SWITCHING
- SWITCH MODE POWER SUPPLIES (SMPS)
- DC-AC CONVERTERS FOR WELDING EQUIPMENT AND UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLIES AND MOTOR DRIVER



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DS}	Drain-source Voltage (V _{GS} = 0)	500	V
V _{DGR}	Drain- gate Voltage (R _{GS} = 20 kΩ)	500	V
V _{GS}	Gate-source Voltage	± 20	V
I _D	Drain Current (continuous) at T _c = 25 °C	4.5	A
I _D	Drain Current (continuous) at T _c = 100 °C	2.9	A
I _{DM(*)}	Drain Current (pulsed)	18	A
P _{tot}	Total Dissipation at T _c = 25 °C	100	W
	Derating Factor	0.8	W/°C
dv/dt(1)	Peak Diode Recovery voltage slope	3.5	V/ns
T _{stg}	Storage Temperature	-65 to 150	°C
T _j	Max. Operating Junction Temperature	150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	Max	Typ	Unit
R _{thj-case}	Thermal Resistance Junction-case	1.25		°C/W
R _{thj-amb}	Thermal Resistance Junction-ambient	62.5		°C/W
R _{thc-sink}	Thermal Resistance Case-sink	0.5		°C/W
T _l	Maximum Lead Temperature For Soldering Purpose	300		°C

2N7002 DMOS Transistors (N-Channel)

FEATURES

- ◆ High input impedance
- ◆ High-speed switching
- ◆ No minority carrier storage time
- ◆ CMOS logic compatible input
- ◆ No minority carrier storage time
- ◆ CMOS logic compatible input
- ◆ No thermal runaway
- ◆ No secondary breakdown



Pin configuration
1 = Gate, 2 = Source, 3 = Drain

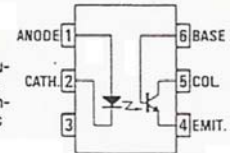
ELECTRICAL CHARACTERISTICS

	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Drain-Source Breakdown Voltage at I _D = 100 μA, V _{GS} = 0	V _{(BR)DSS}	60	90	-	V
Gate Threshold Voltage at V _{GS} = V _{DS} , I _D = 1 mA	V _{GS(th)}	-	2	2.5	V
Gate-Body Leakage Current at V _{GS} = 15 V, V _{DS} = 0	I _{GSS}	-	-	10	nA
Drain Cutoff Current at V _{DS} = 25 V, V _{GS} = 0	I _{DSS}	-	-	0.5	μA
Drain-Source ON Resistance at V _{GS} = 10 V, I _D = 500 mA	r _{DS(ON)}	-	5	7.5	Ω

CNX35

DESCRIPTION

The CNX 3X is a phototransistor-type optically coupled isolator. An infrared emitting diode manufactured from specially grown gallium arsenide is selectively coupled with an NPN silicon phototransistor. The device is supplied in a standard plastic six-pin dual-in-line package.



FEATURES

- High isolation voltage 4400V DC 1 min
- Minimum saturation current transfer ratio of CNX 35—40%

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_A = 25 °C Unless Otherwise Specified)

TOTAL PACKAGE	Value
Storage temperature	-55 °C to 150 °C
Operating temperature	-55 °C to 100 °C
Lead temperature (Soldering, 10 sec)	260 °C
Total package power dissipation at 25 °C (LED plus detector)	260 mW
Derate linearly from 25 °C	3.5 mW/°C

INPUT DIODE

Forward DC current	100 mA
Reverse voltage	6 V
Peak forward current (1 μs pulse, 300 pps)	3.0 A
Power dissipation 25 °C ambient	150 mW
Derate linearly from 25 °C	1.8 mW/°C

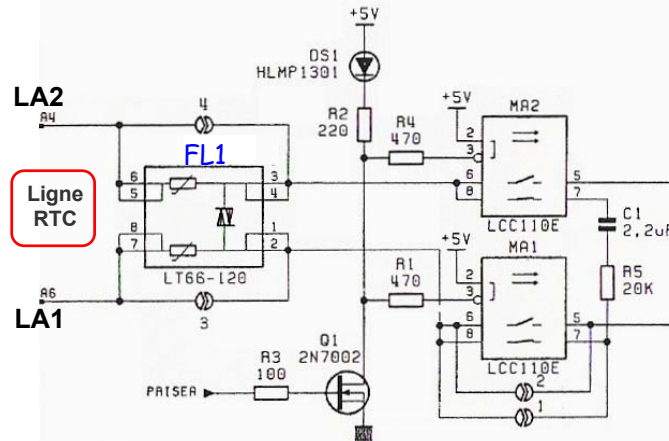
OUTPUT TRANSISTOR

Power dissipation at 25 °C	150 mW
Derate linearly from 25 °C	2.67 mW/°C
V _{CEO}	30 V
V _{CE0}	70 V
V _{ECO}	7 V
Collector Current (continuous)	100 mA

Afin de vérifier certains choix technologiques et définir des procédures de maintenance, on étudie ici, sur une borne fixe radio (BFR) du système POINTEL, le schéma de la fonction « adaptation à une ligne spécialisée : départ » reliée au réseau téléphonique.

C.1 Composant FL1

La ligne téléphonique LA est connectée aux bornes LA1 et LA2 (voir le schéma structurel).



C.1. Donner le rôle du composant FL1, en interprétation normalisée sur le schéma structurel.

FL1 comporte : > 2 varistances (résistance variant suivant un paramètre extérieur, ici le courant de la ligne)

> 1 DIAC (ou transil) qui devient conducteur si $V_D > V_{BO}$

FL1 protège la carte contre les surtensions et surcharges venant de la ligne téléphonique qui est en extérieur et peut subir des perturbations.

Par la suite, on ne tiendra pas compte de FL1. On supposera donc LA1 reliée directement aux bornes 6-8 de MA1 et LA2 reliée aux bornes 6-8 de MA2.

C.2 Prise de ligne

La prise de ligne consiste à faire circuler un courant ligne continu tel qu'il est défini par la norme « Gabarit de boucle ». "PRISEA" est la sortie d'une porte HCMOS.

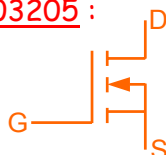
C.2.1. Donnez le type de Q1 (enrichissement ou appauvrissement) d'après sa caractéristique constructeur. Proposer une représentation normalisée de Q1.

Q1 : 2N7002 c'est un transistor MOS canal N

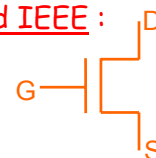
- si $V_{GS} = 0V \Rightarrow I_{DSS} \approx 0$ (max : $0,5\mu A$)
- si $V_{GS} = 10V$ alors $V_{GS} > V_T$ ($V_T = 2,5V$) \Rightarrow on a r_{Dson}

Q1 : transistor NMOS à enrichissement

Symbole NFC 03205 :



Symbole standard IEEE :



C.2.2. Quel doit être le niveau logique de la broche "PRISEA" pour prendre la ligne ?

Le schéma est dessiné au repos, pour prendre la ligne, il faut actionner les "commutateurs" de MA2 et MA1.

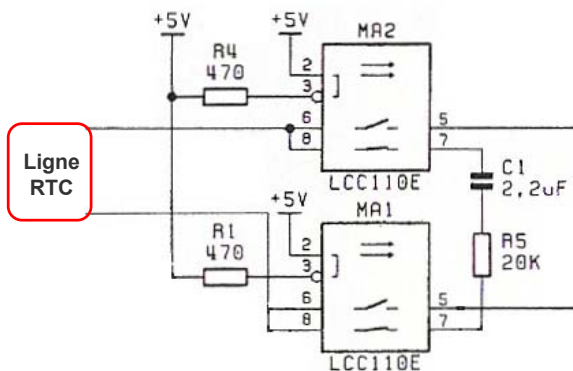
Il y a prise de ligne si les broches n°3 de MA2 et MA1 sont à "0"

\Rightarrow Q1 équivalent à un interrupteur fermé $= r_{Dson} \Rightarrow V_{GS} > V_T$ soit

PRISEA = "1"

C.3 Impédance de la ligne libérée

C3.1. Evaluer les parties réelle et imaginaire de l'impédance vue par l'autocommutateur entre LA1 et LA2 à 1 kHz quand la ligne est libérée.



L'impédance de la ligne libérée est fixée par C1 et

$$R5 : Z_{\text{ligne}} = R5 + 1/jC1\omega$$

$$= 20k + 1/(j \times 2,2\mu \times 2\pi \times 1k)$$

$$Z_{\text{ligne}} = 20k - j72,3$$

$$\text{partie réelle} = 20k\Omega$$

$$\text{partie imaginaire} = -72,3\Omega$$

Le module de l'impédance à 1kHz est pratiquement égal à 20kΩ

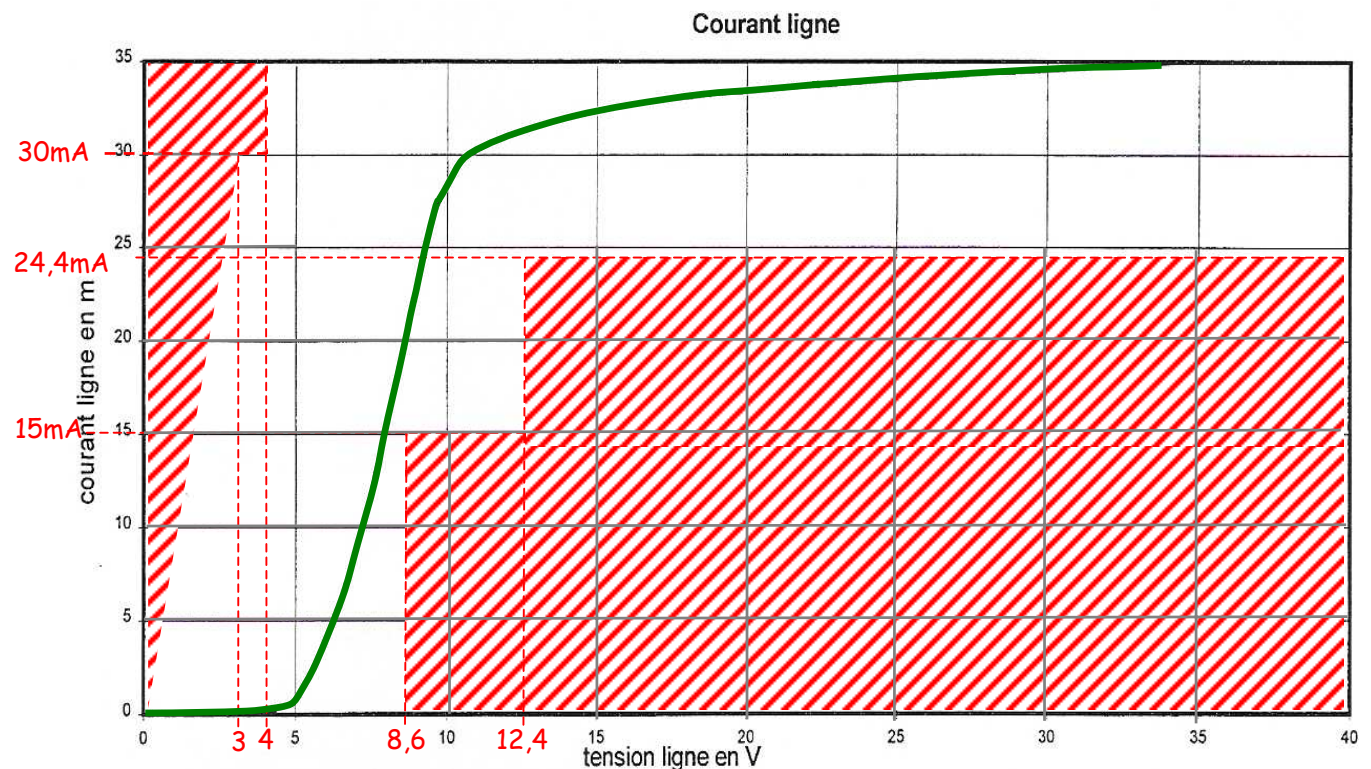
C3.2. Le circuit R5-C1 est imposé par l'opérateur téléphonique, quel est son rôle ?

Le circuit R5-C1 constitue un module d'essai pour que l'opérateur téléphonique (France Télécom) puisse tester la ligne depuis le central.

C.4 Courant de ligne

La caractéristique $I_{\text{ligne}}=f(V_{\text{ligne}})$ du générateur de courant ligne formé par la structure autour de Q3-Q4 est donnée ci-dessous. V_{ligne} est égale à $|V_{\text{LA1}} - V_{\text{LA2}}|$.

C.4.1. Reportez le gabarit de boucle sur ce graphe pour vérifier si la caractéristique statique de la ligne répond bien à la norme, puis conclure.



La caractéristique du courant de ligne $I_{\text{ligne}}=f(V_{\text{ligne}})$ sur le réseau téléphonique (RTCP) est à l'intérieur du gabarit \Rightarrow la norme est respectée.

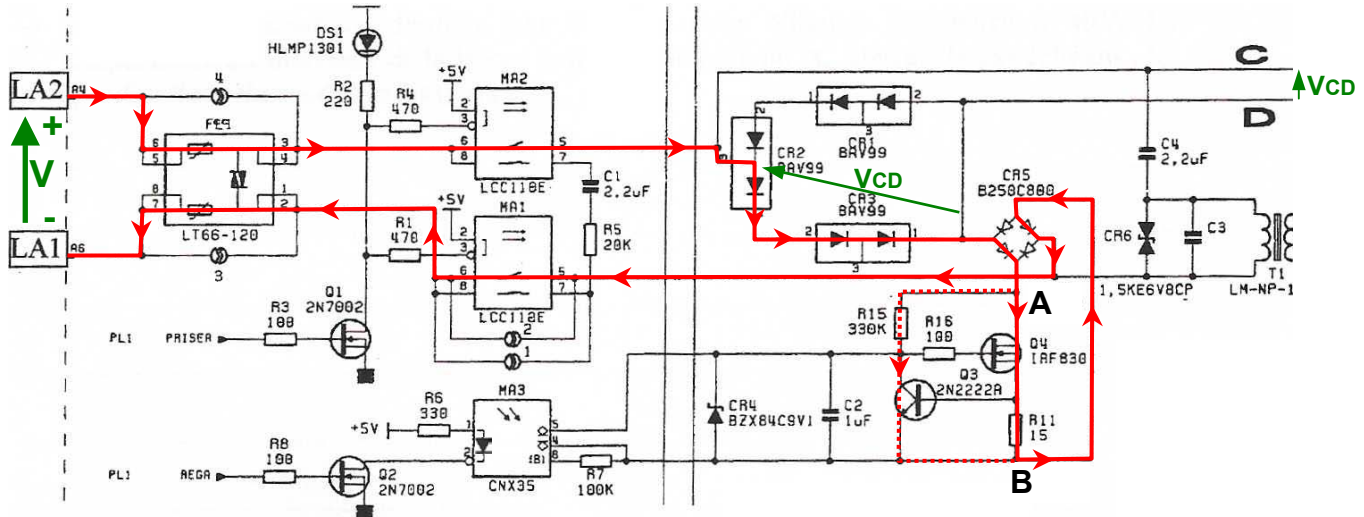
C.4.2. Quel est le courant de ligne si la tension de ligne est d'environ 35V ?

Le courant de ligne est d'environ 35mA.

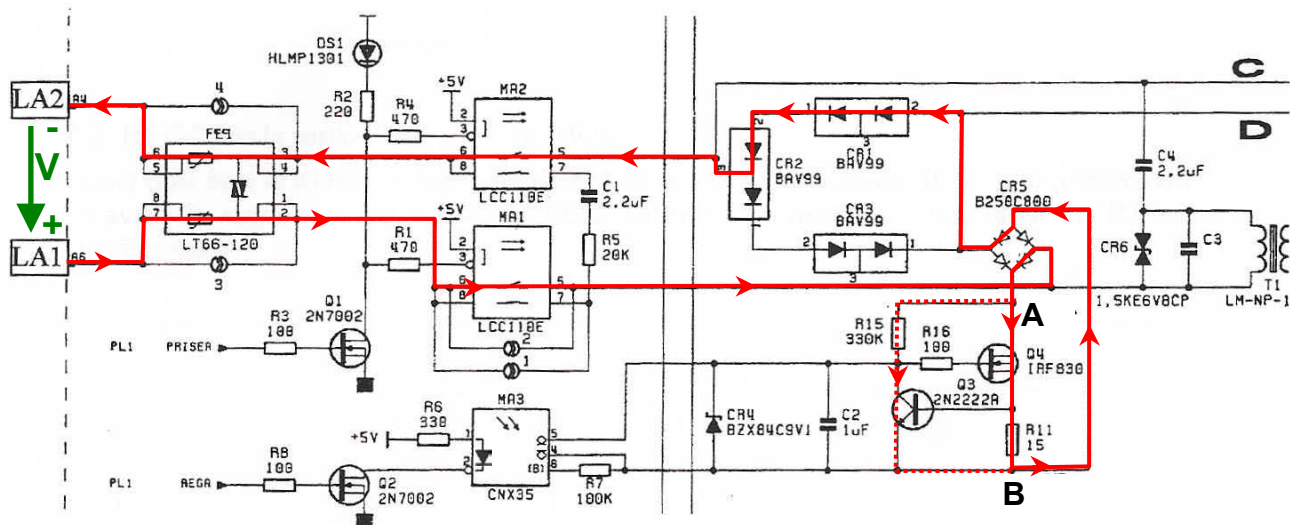
C.5 Etat des diodes

Afin de préciser l'état des différentes diodes CR1 ... CR3, CR5 (et remplir le tableau de la dernière question), représenter par un trait fléché le parcours du courant ligne sur les 2 schémas ci-dessous extraits du schéma « adaptation à une ligne spécialisée : départ ».

C.5.1 Schéma 1 : cas où $V_{LA2} > V_{LA1}$



C.5.2 Schéma 1 : cas où $V_{LA2} < V_{LA1}$



C.5.3. Préciser les diodes qui conduisent quand la tension V_{ligne} sur la prise RTC est égale à 40V, puis calculer la tension V_{AB} .

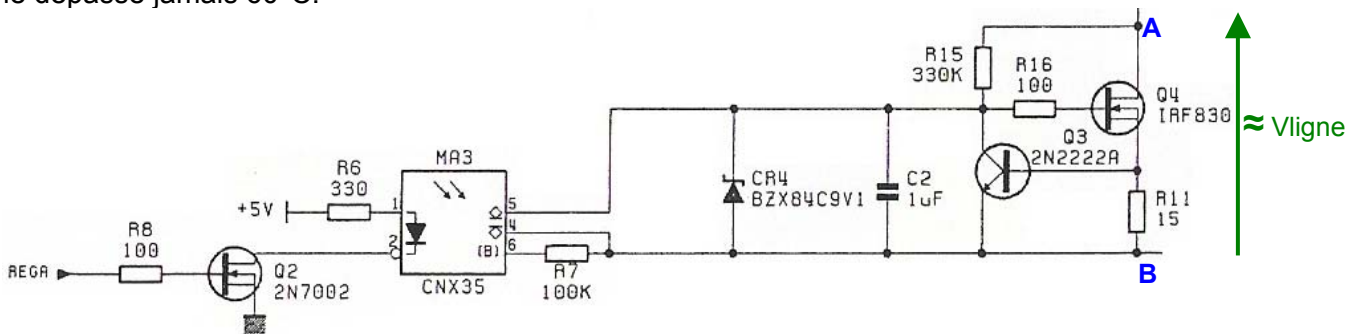
$$V_{AB} = V_{\text{ligne}} - V_{d_{CR2}} - 2 \times V_{d_{CR3}} - 2 \times V_{d_{CR5}} = 40 - 0,7 - 2 \times 0,7 - 2 \times 0,6 = 36,7V$$

C.5.4. La tension V_{CD} est fonction de l'état des diodes et dépend de leur tension de seuil. Déterminer la valeur de la tension entre les points C et D quand $V_{LA2} > V_{LA1}$.

$$V_{CD} = V_{d_{CR2}} + 2 \times V_{d_{CR3}} = 3 \times 0,7 = 2,1V$$

C.6 Dissipation thermique des transistors commandant le courant de ligne

On considère que la tension V_{ligne} reste inférieure à 40V et que la température à l'intérieur de la borne ne dépasse jamais 60°C.



C.6.1. Calculer l'ordre de grandeur de la puissance dissipée par le transistor Q3.

$$P_{Q3} \approx V_{CE_{Q3}} \times I_{C_{Q3}}$$

- $V_{CE_{Q3} \text{max}}$ est limité par CR4 à 9,1V $\Rightarrow V_{CE_{Q3} \text{max}} = 9,1V$

- $I_{C_{Q3} \text{max}} \approx I_{R15} \approx V_{AB}/R_{15} = 36,7/R_{15} = (40 - 5 \times 0,7)/330k \Rightarrow I_{C_{Q3} \text{max}} = 111\mu A$

$$P_{Q3} \approx V_{CE_{Q3}} \times I_{C_{Q3}} = 9,1 \times 111\mu = \mathbf{1mW}$$

C.6.2. Compte tenu de la puissance dissipée, Q3 a-t'il besoin d'un dissipateur thermique ?

La puissance dissipée est très faible, un radiateur est inutile pour Q3.

C.6.3. Le courant de ligne est limité grâce à l'action de la tension aux bornes de la résistance R11 sur la mise en conduction du transistor Q3. Quelle est la valeur du courant si $V_{BE_{Q3}} = 0,6V$?

$$I_{R11} = V_{BE_{Q3}} / R_{11} = 0,6 / 15 = \mathbf{40mA}$$

C.6.4. Calculer l'ordre de grandeur de la puissance dissipée par le transistor Q4.

$$P_{Q4} = V_{DS_{Q4}} \times I_{D_{Q4}}$$

- $V_{DS_{Q4} \text{max}} = V_{AB} - V_{BE_{Q3}} = 36,7 - 0,6 = 36,1V$

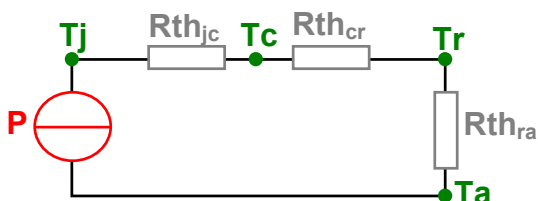
- $I_{D_{Q4}} \approx I_{R11} = 40mA$

$$P_{Q4} = V_{DS_{Q4}} \times I_{D_{Q4}} = 36,1 \times 40m = \mathbf{1,44W}$$

C.6.5. Compte tenu de la puissance dissipée par Q4 et des caractéristiques, définir les spécifications du radiateur à rajouter.

$$R_{th_{ja} \text{limite}} = (T_{j \text{min}} - T_{a \text{max}}) / P_{Q4 \text{max}} = 52,9^\circ C/W, \text{ or le transistor IRF830 a } R_{th_{ja}} = 62,5^\circ C/W$$

\Rightarrow La transmission de la chaleur sera mal dissipée, il faut un radiateur.



$$R_{th_{ra}} = R_{th_{ja} \text{limite}} - R_{th_{jc}} - R_{th_{cr}}$$

$$= 52,9 - 1,25 - 0,5 \quad (\text{voir doc IRF830})$$

$$R_{th_{ra}} = 51,2^\circ C/W$$

$$\mathbf{R_{th_{ra}} < 51,2^\circ C/W}$$

C.7 Ouverture de la ligne par le phototransistor MA3 (saturé)

La broche REGA est la sortie d'une porte HCMOS, elle commande l'optocoupleur MA3 via Q2 qui est un transistor MOS canal N à enrichissement.

Quand le phototransistor de sortie MA3 est saturé, la régulation de courant ne fonctionne plus.

C.7.1 Quel est alors le courant de ligne ?

Si le phototransistor MA3 est saturé $\Rightarrow V_{GS_{Q4}} \approx 0V \Rightarrow Q4$ bloqué ($R_{DS_{OFF}}$) $\Rightarrow I_{\text{ligne}} \approx 0mA$

C.7.2 Quel doit être le niveau logique de REGA pour saturer le transistor de sortie de MA3.

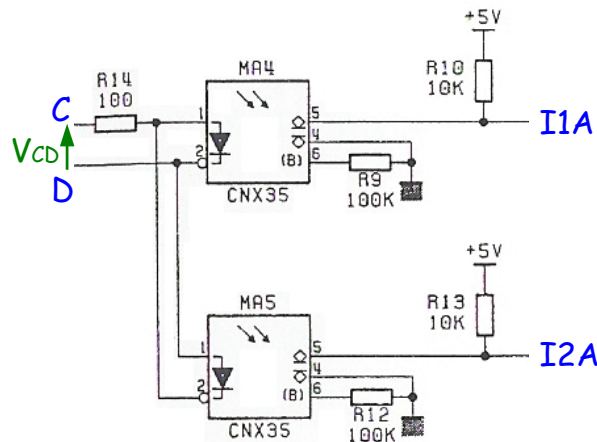
Le phototransistor est saturé si la led de commande est allumée $\Rightarrow Q2$ conducteur ($R_{DS_{on}}$)

$Q2$ est conducteur si $REGA = V_{GS} > V_T \Rightarrow \mathbf{REGA = "1"}$

C.8 On veut vérifier la détection du courant de ligne et son sens.

C.8.1. Quand $V_{LA2} > V_{LA1}$ le courant ligne est égal à 35mA.

Rappelez la valeur de la tension V_{CD} déterminée à la question C.5.4 : $V_{CD} = 3 \times 0,7 = 2,1V$



C.8.2 Quel est alors le courant dans chaque led (MA4 et MA5) ?

V_{CD} est positif : $V_{d_{MA5}}$ polarisé en inverse $\Rightarrow I_{led_{MA5}} = 0mA$

: $V_{d_{MA4}}$ polarisé en direct $\Rightarrow I_{led_{MA4}} = I_{R14} = (V_{CD} - V_{Led_{MA4}}) / R14$
 $= (2,1 - 1,1) / 100$

$I_{led_{MA4}} = 10mA$ (ou $I_{f_{MA5}}$)

C.8.3 Les transistors de sortie des optocoupleurs MA4 et MA5 sont-ils saturés ? Justifier.

Pour un phototransistor on : $I_c = I_f \times T_{cr} \Rightarrow I_c = 10m \times 40\% = 4mA$

Or ici $I_{c_{MA4max}} = (V_{cc} - V_{ce_{sat}}) / R10 = (5 - 0,2) / 10k = 480\mu A$

Le courant I_c est limité à une valeur inférieure à celle d'amplification ($I_{c_{MA4max}} < I_c$), le phototransistor est bien saturé, on alors en sortie un niveau "0" sur la broche I1A.

C.9 Notice de maintenance

Afin de préparer une notice de maintenance, on récapitule l'ensemble des résultats précédents relatifs à l'analyse de la fonction « adaptation à une ligne spécialisée : départ » dans un tableau.

Notation Voyant DS1 : éteint \Rightarrow "0" ; allumé \Rightarrow "1"
 Diodes CR1, CR3 : bloquées \Rightarrow "0" ; passantes \Rightarrow "1"
 Sorties I1A et I2A (à droite du schéma) : niveau logique bas \Rightarrow "0" ; niveau haut \Rightarrow "1".

C.9.1. Compléter le tableau

VLA2-VLA1	PRISEA	REGA	Led DS1	Courant ligne 0 ou 35mA	Diodes CR1	Diodes CR3	Sortie I1A	Sortie I2A
+35V	0V	5V	0	0	0	0	1	1
-35V	0V	5V	0	0	0	0	1	1
+35V	5V	5V	1	0	0	0	1	1
-35V	5V	5V	1	0	0	0	1	1
+35V	5V	0V	1	35mA	0	1	0	1
-35V	5V	0V	1	35mA	1	0	1	0