

SYSTEME DE SURVEILLANCE ET SECURITE

Transmission sur ligne téléphonique

Ce document prend support sur un extrait du sujet national d'Etude de Système Technique du BTS électronique (99), merci aux auteurs pour le travail fait.

L'étude porte sur la description structurelle d'une carte d'interface avec le RTC :

- prise de ligne,
- cheminement et niveaux des signaux en réception,
- numérotation décimale en émission.

A. Mise en situation

La partie « transmission sur ligne téléphonique » fait partie d'un système complet de sécurité qui rassemble en un même dispositif un ensemble de surveillance et de protection contre le vol, l'incendie et l'inondation. Le système est constitué d'une centrale électronique, et de périphériques dont la nature et le nombre varient suivant les besoins du client.



L'interface téléphonique bidirectionnelle permet d'émettre des messages d'information et d'alarme, et de recevoir des ordres de l'extérieur. Cette fonction permet à la centrale de communiquer via le réseau téléphonique commuté. Lorsque la centrale détecte une anomalie (intrusion, incendie...), elle prend la ligne, compose un numéro de téléphone préalablement mémorisé et transmet un message vocal.

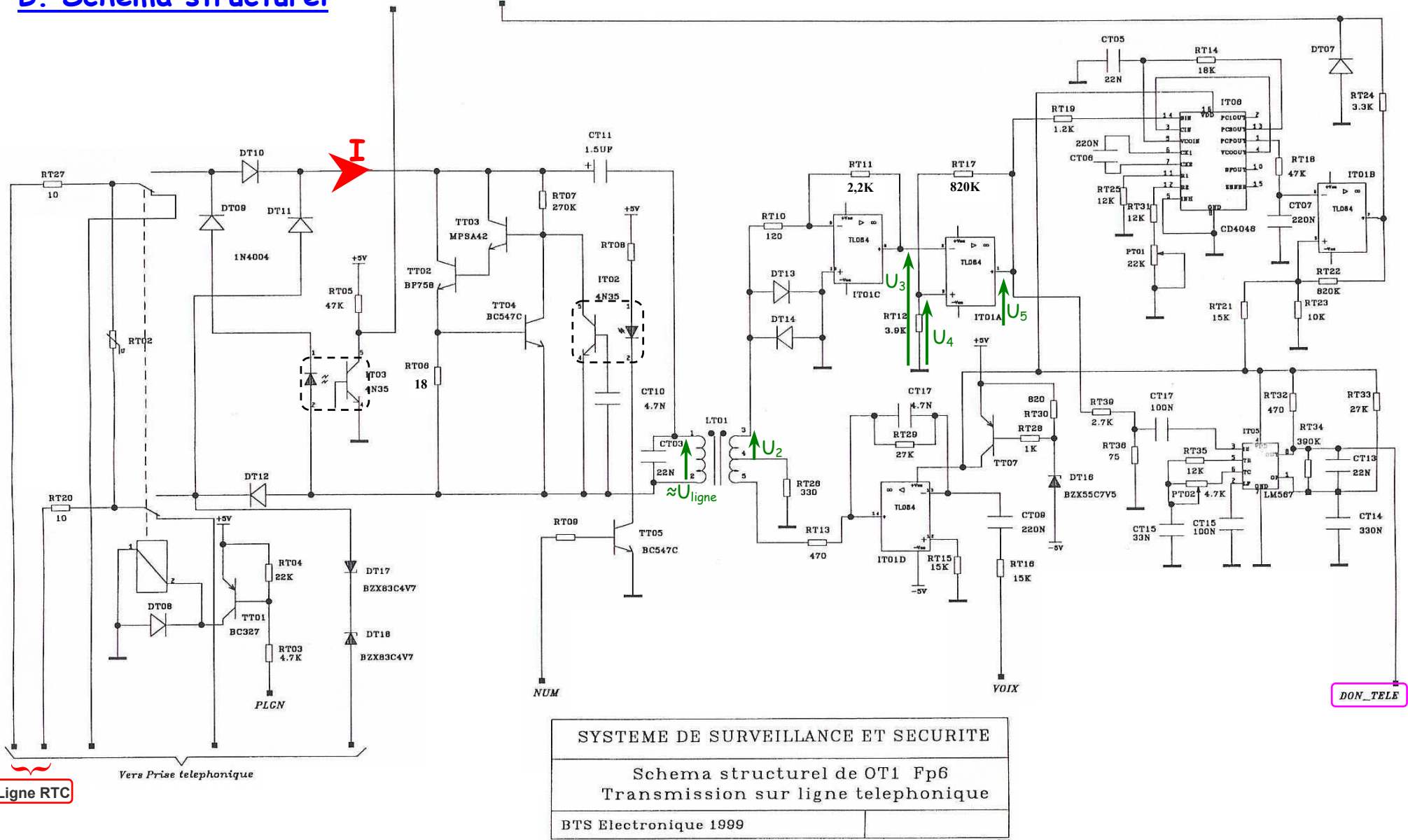
Les signaux d'entrées :

- **PLGN** : Signal permettant de prendre la ligne.
- **VOIX** : Signal analogique support de l'information vocale.
- **NUM** : NUMérotation, information binaire image du numéro de téléphone à composer.
- **Cmd_Tel** : Commande via ligne téléphonique, signal modulé en fréquence transmis sur la ligne téléphonique par le boîtier télécontrôleur communiquant avec la centrale.

Les signaux de sorties :

- **Info_Ligne** : Information ligne téléphonique, de type binaire sur 2 bits indiquant l'état de la ligne.
- **DON_TELE** : Données émises par le télécontrôleur, information binaire de commande d'automatisme.
- **Alarm_Tel** : Alarme transmise par ligne téléphonique, signal analogique support de l'information vocale d'alerte.

B. Schéma structurel



SYSTEME DE SURVEILLANCE ET SECURITE

Schema structurel de OT1 Fp6
Transmission sur ligne telephonique

BTS Electronique 1999

C. Documentation composants

CD4046BC

Micropower Phase-Locked Loop

General Description

The CD4046BC micropower phase-locked loop (PLL) consists of a low power, linear, voltage-controlled oscillator (VCO), a source follower, a zener diode, and two phase comparators. The two phase comparators have a common signal input and a common comparator input. The signal input can be directly coupled for a large voltage signal, or capacitively coupled to the self-biasing amplifier at the signal input for a small voltage signal.

Phase comparator I, an exclusive OR gate, provides a digital error signal (phase comp. I Out) and maintains 90° phase shifts at the VCO center frequency. Between signal input and comparator input (both at 50% duty cycle), it may lock onto the signal input frequencies that are close to harmonics of the VCO center frequency.

Phase comparator II is an edge-controlled digital memory network. It provides a digital error signal (phase comp. II Out) and lock-in signal (phase pulses) to indicate a locked condition and maintains a 0° phase shift between signal input and comparator input.

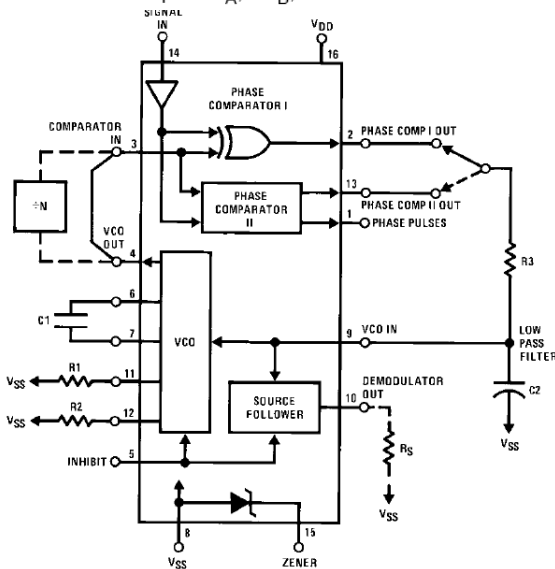
The linear voltage-controlled oscillator (VCO) produces an output signal (VCO Out) whose frequency is determined by the voltage at the VCO_{IN} input, and the capacitor and resistors connected to pin C1_A, C1_B, R1 and R2.

Features

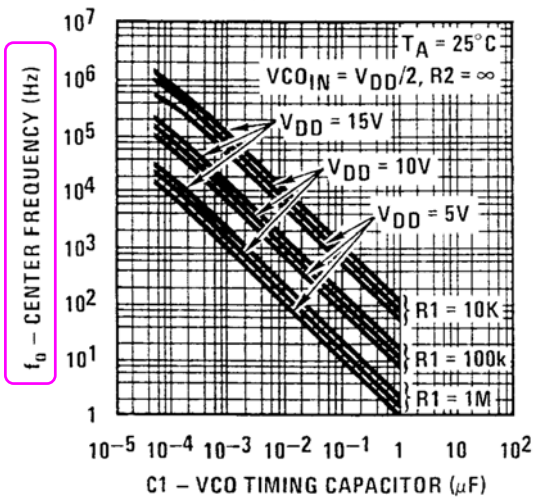
- Wide supply voltage range: 3.0V to 18V
- Low dynamic power consumption: 70 μW (typ.) at f_o = 10 kHz, V_{DD} = 5V
- VCO frequency: 1.3 MHz (typ.) at V_{DD} = 10V
- Low frequency drift: 0.06%/°C at V_{DD} = 10V with temperature
- High VCO linearity: 1% (typ.)

Applications

- FM demodulator and modulator
- Frequency synthesis and multiplication
- Frequency discrimination
- Data synchronization and conditioning
- Voltage-to-frequency conversion
- Tone decoding
- FSK modulation
- Motor speed control



Typical Center Frequency vs C1 for R1 = 10 kΩ, 100 kΩ and 1 MΩ



BC547C NPN General Purpose Amplifier

Electrical Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
h_{FE}	DC Current Gain	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 2.0 \text{ mA}$	547 547A 547B 547C	110 110 200 420	800 220 450 800
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 0.5 \text{ mA}$ $I_C = 100 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$		0.25 0.60	V V

LM567/LM567C

Tone Decoder

General Description

The LM567 and LM567C are general purpose tone decoders designed to provide a saturated transistor switch to ground when an input signal is present within the passband. The circuit consists of an I and Q detector driven by a voltage controlled oscillator which determines the center frequency of the decoder. External components are used to independently set center frequency, bandwidth and output delay.

Features

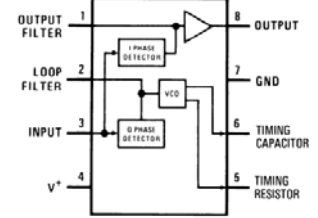
- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability
- Bandwidth adjustable from 0 to 14%

- High rejection of out of band signals and noise
- Immunity to false signals
- Highly stable center frequency
- Center frequency adjustable from 0.01 Hz to 500 kHz

Applications

- Touch tone decoding
- Precision oscillator
- Frequency monitoring and control
- Wide band FSK demodulation
- Ultrasonic controls
- Carrier current remote controls
- Communications paging decoders

Dual-In-Line and Small Outline Packages



Applications Information

The center frequency of the tone decoder is equal to the free running frequency of the VCO. This is given by

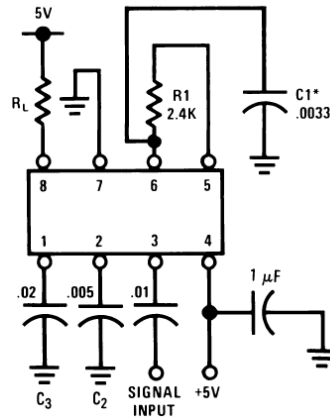
$$f_o \cong \frac{1}{1.1 R_1 C_1}$$

The bandwidth of the filter may be found from the approximation

$$BW = 1070 \sqrt{\frac{V_i}{f_o C_2}} \text{ in \% of } f_o$$

Where:

- V_i = Input voltage (volts rms), $V_i \leq 200\text{mV}$
- C_2 = Capacitance at Pin 2 (μF)



PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLERS 4N35

DESCRIPTION

The general purpose optocouplers consist of a gallium arsenide infrared emitting diode driving a silicon phototransistor in a 6-pin dual in-line package.

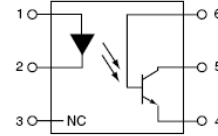
FEATURES

- Also available in white package by specifying -M suffix, eg. 4N25-M
- UL recognized (File # E90700)
- VDE recognized (File # 94766)
 - Add option V for white package (e.g., 4N25V-M)
 - Add option 300 for black package (e.g., 4N25.300)

APPLICATIONS

- Power supply regulators
- Digital logic inputs
- Microprocessor inputs

SCHEMATIC



- PIN 1. ANODE
- PIN 2. CATHODE
- PIN 3. NO CONNECTION
- PIN 4. EMITTER
- PIN 5. COLLECTOR
- PIN 6. BASE

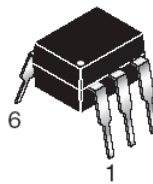


Fig. 1 LED Forward Voltage vs. Forward Current (Black Package)

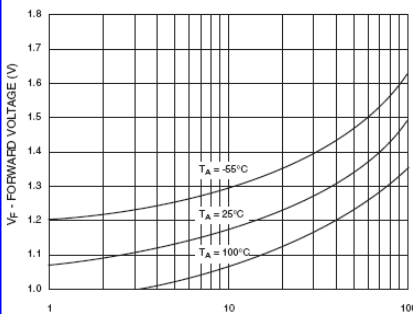


Fig.3 Normalized CTR vs. Forward Current (Black Package)

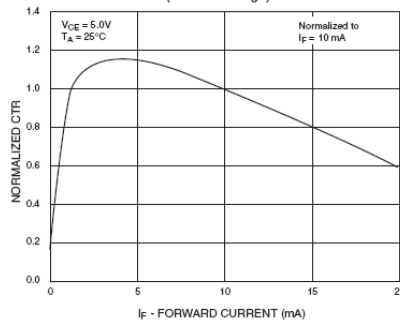
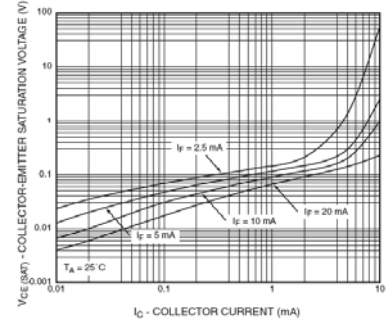


Fig. 11 Collector-Emitter Saturation Voltage vs. Collector Current (Black Package)



D. Etude structurelle de FP6

Nous considèrerons les caractéristiques suivantes concernant la ligne téléphonique :

- Impédance : 600Ω .
- Tension d'alimentation du réseau commuté : 48V continu (la polarité n'est pas définie).

D.1 Etude de la fonction réception

Après avoir détecté l'appel, au bout de plusieurs sonneries et si personne ne décroche le combiné, la centrale prend la ligne et envoie le message suivant : « Surveillance électronique, bonjour ». Elle se place ensuite en attente de réception d'un ordre du télécontrôleur.

Dans cette partie, on se propose d'étudier les structures permettant la réception des informations transmises sur la ligne téléphonique.

D.1.1. Indiquer le niveau logique à placer sur l'entrée **PLGN** (prise de ligne) pour que la centrale prenne la ligne.

☞ Les schémas (et donc le relais) sont dessinés au repos \Rightarrow la ligne est en attente.

☞ Pour prendre la ligne, il faut rendre le relais actif :

\Rightarrow il faut saturer le transistor **TT01** (PNP),

\Rightarrow pour avoir un courant de base : **PLGN = "0"**

D.1.2. Sachant que la polarité de la ligne (+48V) n'est pas connue, préciser le rôle des 4 diodes (**DT09**, **DT10**, **DT11** et **DT12**).

☞ Ces diodes réalisent un redressement pour s'affranchir de la polarité de la ligne.

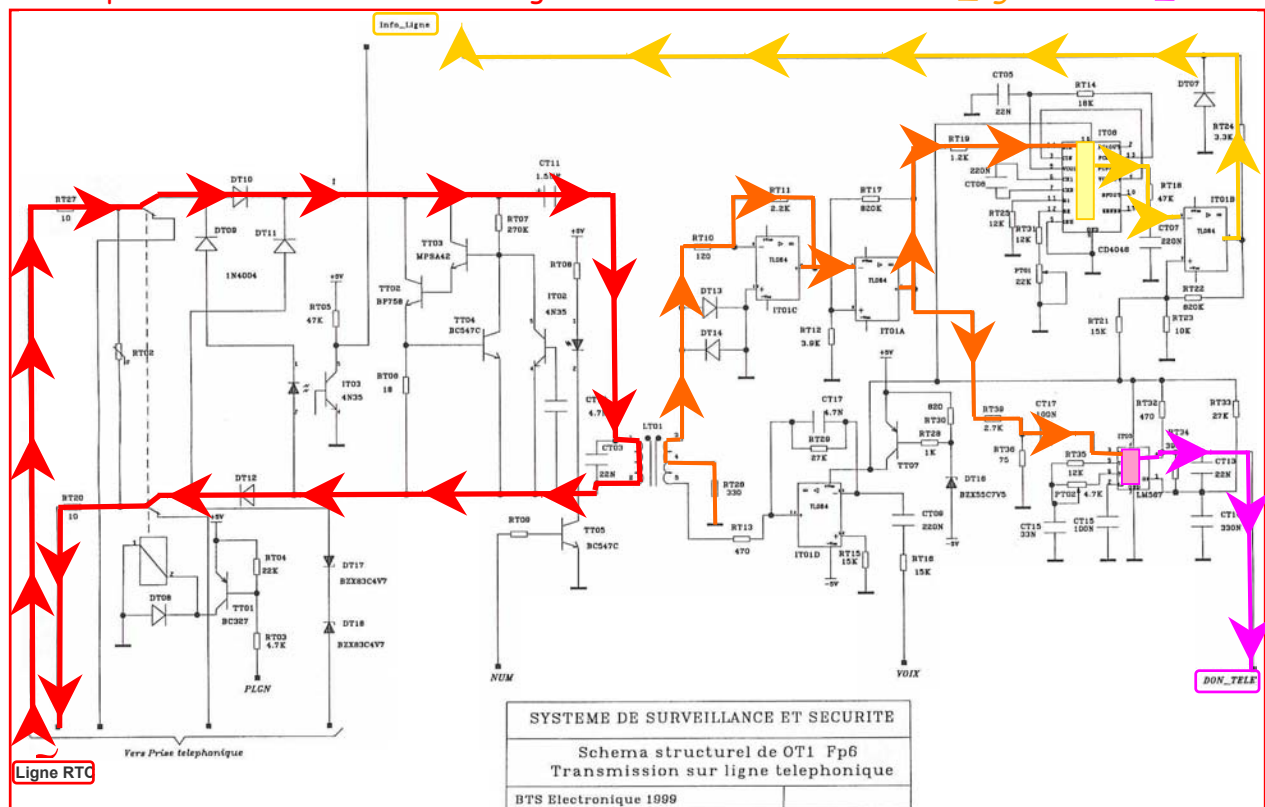
D.1.3. Quel est le rôle du condensateur **CT11** ?

☞ **CT11 est le condensateur de blocage de la composante continue.** Au repos l'appareil étant soumis à une tension continue de 48V, il ne consomme aucun courant grâce à CT11.

D.1.4. Indiquer sur le schéma structurel de « Transmission sur ligne téléphonique », le chemin parcouru par le signal en mode réception après que la centrale est pris la ligne.

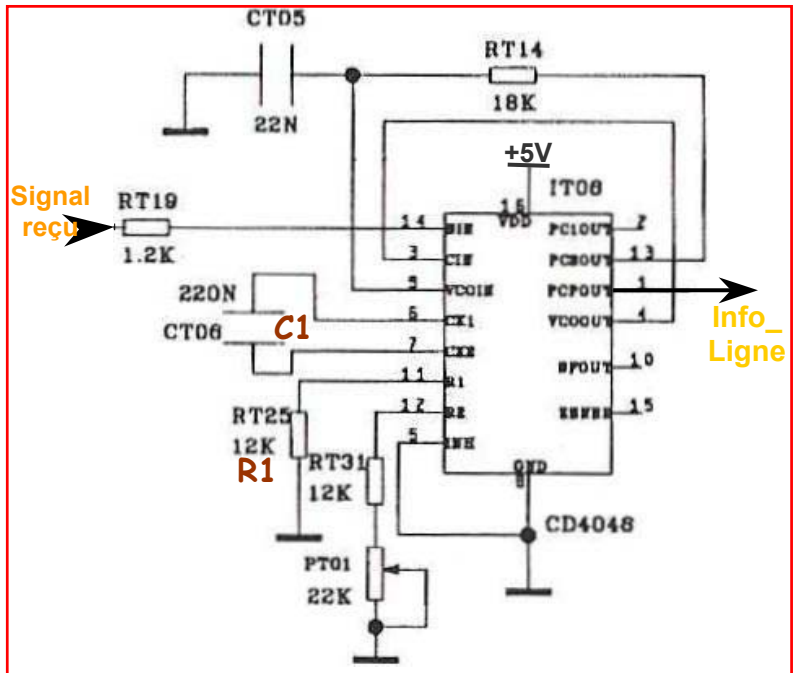
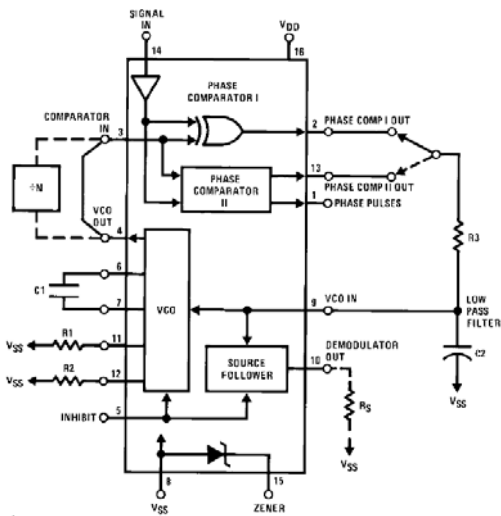
☞ Lors de la prise de ligne les interrupteurs sont commutés.

☞ En réception l'information vient de la ligne et va vers les sorties : **Info_ligne** et **DON_TELE**.



D.1.5. Le circuit PLL CD4046, permet de surveiller la tonalité (440Hz).

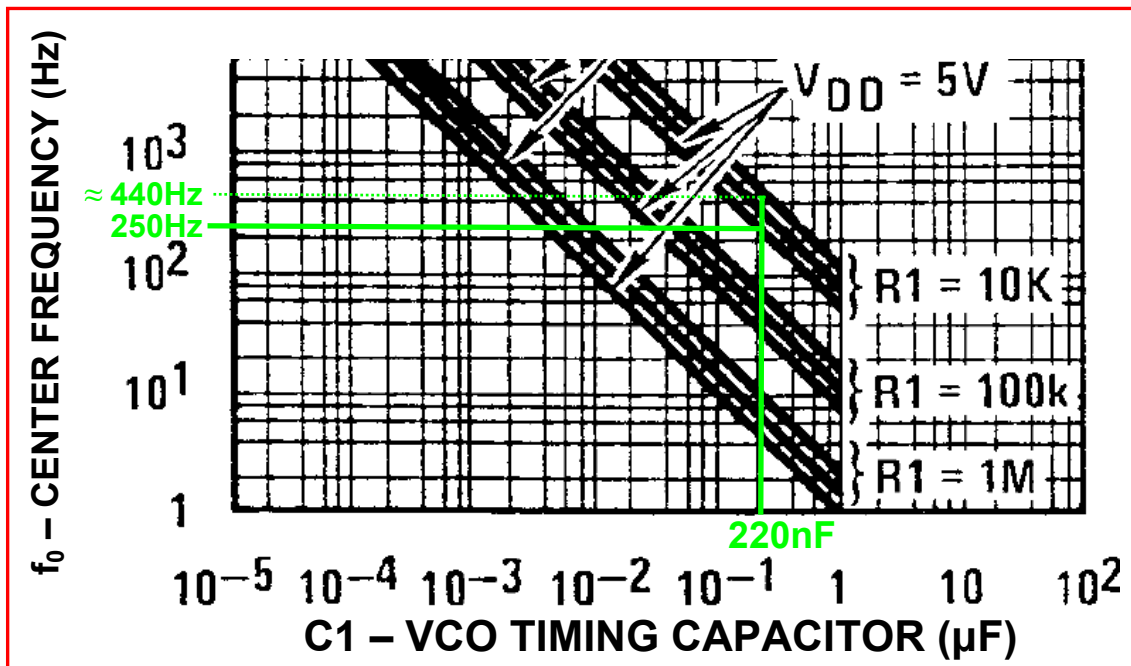
Justifier cette affirmation en déterminant dans ce montage la fréquence centrale (F_0) de la PLL.



Par rapport à la documentation du CD4046, nous avons les équivalences :

$V_{DD} = +5V$; $C1 = CT06 = 220nF$; $R1 = RT25 = 12k\Omega$

On recherche la fréquence centrale f_0 de la PLL sur la caractéristique $f_0 = f(C1)$.



La fréquence f_0 correspond à environ 440Hz, la démodulation de la tonalité (dial-tone) est bien assurée par la PLL CD4046.

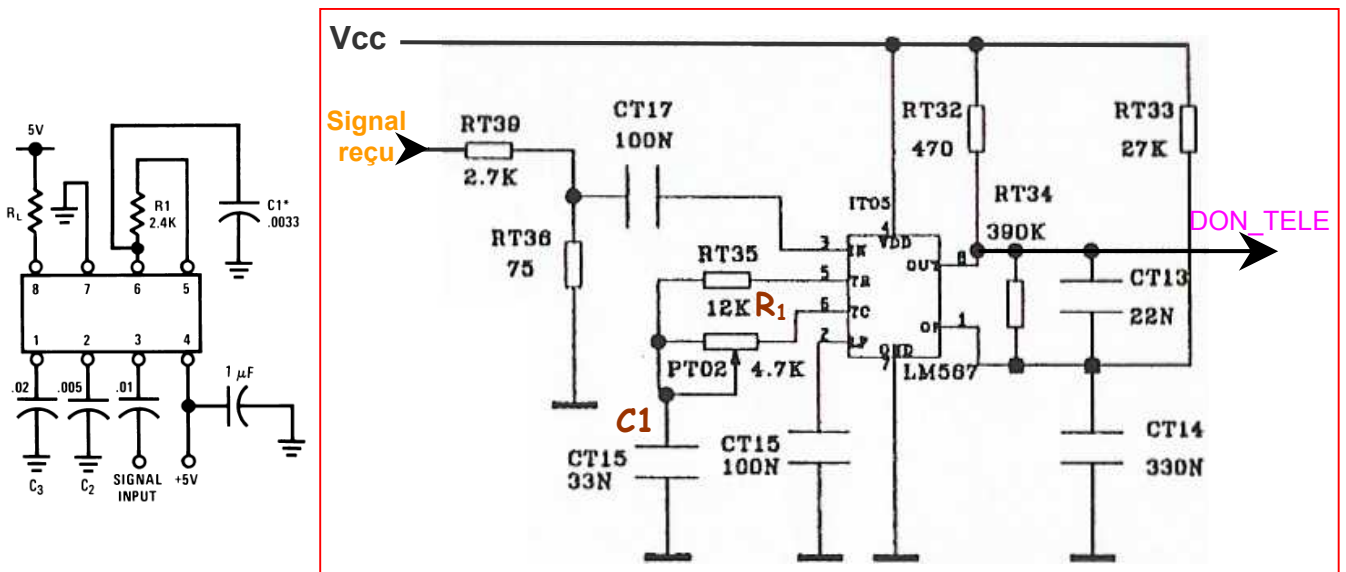
Ainsi après avoir pris la ligne, le central acquitte la demande de connexion par l'envoi de la tonalité, autorisant l'appareil à envoyer ensuite le numéro de téléphone du destinataire.

La sortie PCPOUT de la PLL est relié au montage IT01B qui réalise un comparateur à fenêtre, sa sortie transmet l'information d'accrochage de la PLL, soit la présence de la tonalité (440Hz) en entrée.

D.1.6. Les informations transmises par le télécontrôleur se font par modulation OOK (tout ou rien) :

- Présence du signal à $f = 2,2\text{kHz} \Rightarrow \ll 0 \gg$
- Pas de signal, d'où $f = 0\text{Hz} \Rightarrow \ll 1 \gg$

a) Montrer que la démodulation des informations transmises est confiée au circuit PLL LM567, en calculant les valeurs extrêmes de la fréquence centrale que peut avoir cette fonction. L'ajustement de f_0 à la valeur précise de $2,2\text{kHz}$ se faisant par PT02 (en série avec RT35).



☞ La démodulation du signal reçu ($f=2,2\text{kHz} \Rightarrow "0"$ et $f=0\text{Hz} \Rightarrow "1"$) est réalisée par le circuit LM567 (IT05), vérifions-le par la fréquence centrale de son VCO :

- d'après la doc du LM567 : $F_0 = 1/(1,1 R_1 C_1)$
- $F_0 = 1/[1,1 (R_{T35}+P_{T02}) C_{T15}] = 1/[1,1 (12\text{k}+P_{T02}) 33\text{n}]$

$$\text{Si } P_{T02}=0\Omega \quad \Rightarrow \quad F_0 = 2,3\text{kHz}$$

$$\text{Si } P_{T02}=4,7\text{k}\Omega \quad \Rightarrow \quad F_0 = 1,6\text{kHz}$$

Le signal à démoduler, $f=2,2\text{kHz}$, est dans la plage de réglage.

b) A quelle valeur doit-on régler le potentiomètre PT02 pour démoduler la fréquence de $2,2\text{kHz}$.

$$\begin{aligned} \Rightarrow P_{T02} &= [1 / (1,1 F_0 C_{T15})] - R_{T35} \\ &= [1 / (1,1 * 2,2\text{k} * 33\text{n})] - 12\text{k} = 522\Omega \end{aligned}$$

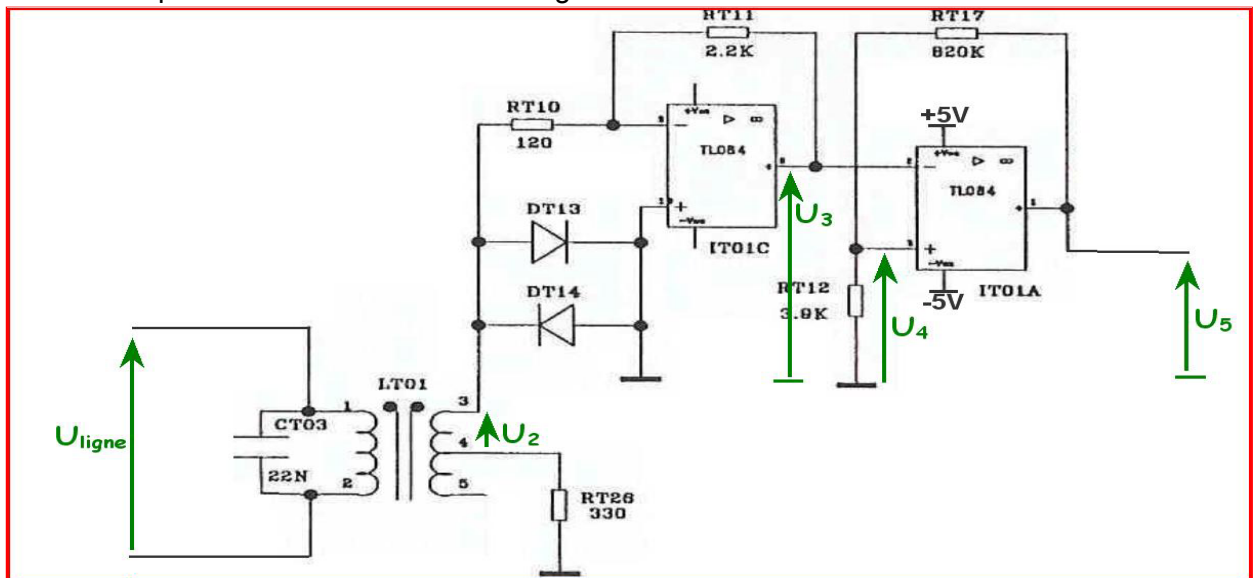
$$P_{T02} = 522\Omega$$

c) Pour faciliter le réglage, aurait-on pu mieux choisir la valeur nominale de PT02 ?

On aurait pu choisir pour PT02 une valeur plus petite que $4,7\text{k}\Omega$, pour faciliter l'ajustement lors de la variation du curseur, $1\text{k}\Omega$ par exemple.

D.1.7. Le cahier des charges précise que le niveau du signal doit être de -43dBm pour garantir les normes téléphoniques ; le signal n'est pas pris en compte pour un niveau de -50dBm. L'impédance ramenée au primaire du transformateur est de 600Ω. Le transformateur LT01 présente un rapport de transformation entre le primaire U_{ligne} et le secondaire U_2 de $\frac{1}{4}$.

Nous allons vérifier que le choix des composants autour de IT01A et IT01C et leur alimentation sont en adéquation avec le cahier des charges.



a) Indiquer la fonction de IT01A (associé aux composants RT17 et RT12) et calculer la tension U_4 . Le circuit TL084 a en sortie une tension de déchet de 1V.

IT01A : comparateur de tension à hystérésis (à 2 seuils), qui ne bascule que si $|U_3| > |U_4|$.

- Sortie $U_5 = \pm V_{\text{sat}} = \pm 4V$
- Seuils $\pm U_4 = U_5 * R_{T12} / (R_{T12} + R_{T17}) = 19mV$

$$U_4 = \pm 19mV$$

Si $U_{3\text{max}} > U_4 \Rightarrow$ le signal est transmis

Si $U_{3\text{max}} < U_4 \Rightarrow$ IT01A ne commute pas, le signal est bloqué

b) Calculer le rapport d'amplification global entre U_3 et U_{ligne} .

$$|U_3| = U_2 * R_{T11} / R_{T10} \quad \text{et} \quad U_2 = U_{\text{ligne}} * n_2 / n_1$$

$$|U_3| = U_{\text{ligne}} * n_2 / n_1 * R_{T11} / R_{T10} = U_{\text{ligne}} * \frac{1}{4} * 2,2k / 120 = U_{\text{ligne}} * 4,6$$

$$U_3 = U_{\text{ligne}} * 4,6$$

c) Indiquer les niveaux de tension présents en sortie de IT01C (U_3) pour un signal de -43dBm et de -50dBm sur la ligne téléphonique.

Le dBm est une unité qui donne la valeur de la puissance du signal utile, par rapport à une puissance de 1mW qui sert de référence : $P(\text{dBm}) = 10 \text{ Log}(P(\text{w})/1\text{mW})$

☞ Pour un signal à -43dBm sur la ligne téléphonique ($Z_{\text{ligne}}=600\Omega$) on a :

$$-43\text{dBm} = 10 \text{ Log}(P_{\text{ligne}}/1\text{mW}) \quad \Rightarrow \quad \text{puissance sur la ligne} : P_{\text{ligne}}=50\text{nW}$$

$$\text{avec } P_{\text{ligne}} = U_{\text{ligne}}^2 / Z_{\text{ligne}} \text{ (valeur efficace de } U_{\text{ligne}}) \Rightarrow U_{\text{ligneRMS}} = \sqrt{P_{\text{ligne}} * Z_{\text{ligne}}} = 5,5\text{mV}$$

$$\Rightarrow U_{\text{ligneMAX}} = 5,5\text{mV} * \sqrt{2} = 7,8\text{mV} \quad \Rightarrow \quad U_{3\text{MAX}} = U_{\text{ligneMAX}} * 4,6 = 36\text{mV} \quad U_{3\text{MAX}} = 36\text{mV} \text{ supérieur à } U_4$$

☞ Pour un signal à -50dBm sur la ligne on a : $-50\text{dBm} = 10 \text{ Log}(P_{\text{ligne}}/1\text{mW}) \quad \Rightarrow \quad P_{\text{ligne}}=10\text{nW}$

$$U_{\text{ligneRMS}} = \sqrt{P_{\text{ligne}} * Z_{\text{ligne}}} = 2,4\text{mV} \quad \Rightarrow \quad U_{\text{ligneMAX}} = 3,5\text{mV} \Rightarrow U_{3\text{max}} = 16\text{mV} \text{ inférieur à } U_4$$

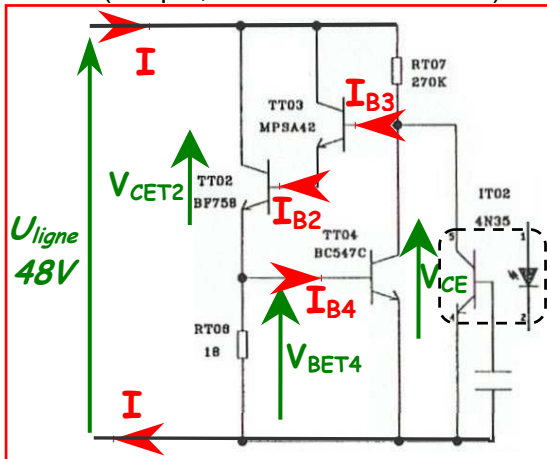
d) Conclure sur le respect de la norme pour la transmission des signaux.

Un signal à -43dBm fait basculer le comparateur IT01A, il est donc transmis au récepteur.

Un signal à -50dBm, plus faible, est bloqué par le comparateur IT01A, conformément à la norme, il n'est pas transmis.

Pour la suite du problème, le courant de base de TT04 sera négligé devant le courant d'émetteur de TT02.

D.2.2. Le transistor de l'optocoupleur étant saturé, indiquez l'état des transistors TT02, TT03 et TT04 (bloqué, conducteur ou saturé). Quelle est alors la valeur du courant I sur la ligne ?



☞ Si le transistor de l'optocoupleur est saturé

$$V_{CE\ IT02} \approx 0,1V :$$

$$\Rightarrow I_{B3} = 0 \rightarrow \text{TT03 bloqué}$$

$$\Rightarrow I_{B2} = 0 \rightarrow \text{TT02 bloqué}$$

$$\Rightarrow I_{B4} = 0 \rightarrow \text{TT04 bloqué}$$

$$\begin{aligned} \text{☞ } I_{\text{ligne}} &= (U_{\text{ligne}} - V_{CE\ IT02})/R_{T07} \\ &= (48 - 0,1)/270k = 177\mu A \end{aligned}$$

$$I_{\text{ligne}} = 177\mu A$$

D.2.3. Le transistor de l'optocoupleur étant bloqué, vous indiquez l'état des transistors TT02, TT03 et TT04 (bloqué, conducteur ou saturé). Quelle est alors la valeur du courant I ?

☞ Si le transistor de l'optocoupleur est bloqué, alors:

$$\rightarrow I_{B3} \text{ existe : TT03 est conducteur} \Rightarrow I_{B2} \text{ existe : TT02 est conducteur} \Rightarrow I_{B4} \text{ existe :}$$

TT04 conducteur aussi.

$$\bullet V_{CE\ T02} = U_{\text{ligne}} - V_{BET04} = 48 - 0,6 = 47,4V \Rightarrow \text{TT02 ne peut pas être saturé, régime linéaire}$$

$$\bullet V_{CE\ T03} = U_{\text{ligne}} - V_{BET02} - V_{BET04} = 48 - 0,6 - 0,6 = 46,8V \Rightarrow \text{TT03 en linéaire}$$

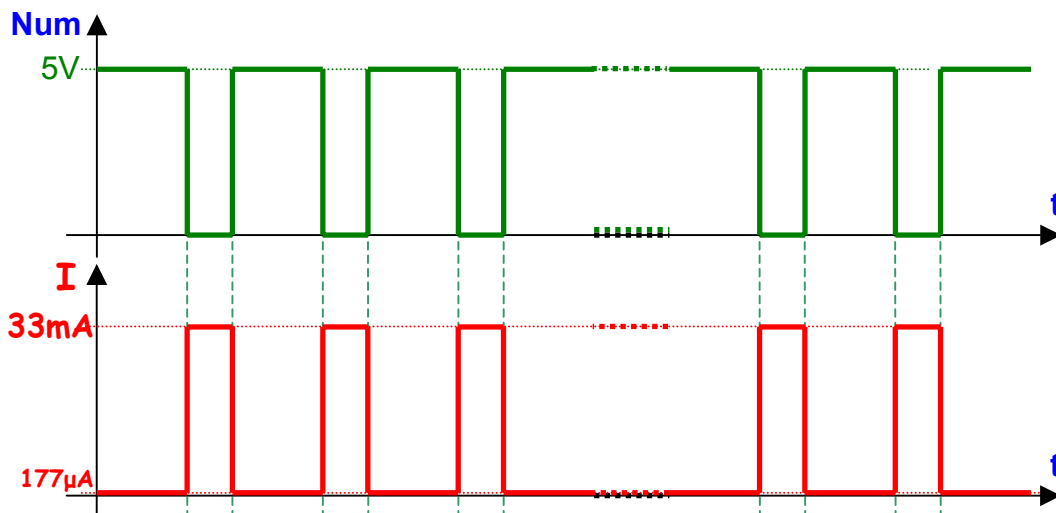
$$\bullet V_{CE\ T04} = V_{BET03} + V_{BET02} + V_{BET04} = 1,8V \Rightarrow \text{TT04 en régime linéaire}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow I_{\text{ligne}} &\approx I_{RT8} + I_{RT7} = V_{BET4}/R_{T08} + (U_{\text{ligne}} - V_{CE\ T04})/R_{T07} \\ &\approx V_{BET4}/R_{T08} = 0,6/18 = 33mA \end{aligned}$$

$$I_{\text{ligne}} = 33mA$$

D.2.4. Tracer le chronogramme du courant I, précisez les amplitudes.

- Si l'entrée Num est à "1" l'optocoupleur est saturé d'où $I_{\text{ligne}} = 177\mu A \approx 0$
- Si l'entrée Num est à "0" l'optocoupleur est bloqué d'où $I_{\text{ligne}} = 33mA$



Comme le prévoit la norme pour la numérotation décimale, chaque période d'impulsion est composée de 1/3 de temps à "1" et 2/3 à "0".