



Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:**

***“ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΝΟΦΩΝΙΚΟΥ SYNTHESIZER ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΟΚΤΑΒΩΝ***

***ΜΕ ΔΥΟ OSCILATORS”***



Φοιτητής : Μακρυγιάννης Ιωάννης, Α.Μ. 1111

Επιβλέποντες: Πιοτογιαννάκης Στέλιος, Χρήστος Χρήστου

**ΡΕΘΥΜΝΟ 2016**

Ευχαριστώ θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές για την εμπιστοσύνη που έδειξαν και ειδικά τον κύριο Σ. Πιοτογιαννάκη για τις συμβουλές του ώστε να έρθει εις πέρας η εργασία μου. Επίσης θερμά ευχαριστώ τους γονείς μου και την Όλγα για τη στήριξη και τη βοήθειά τους. Ακόμα ευχαριστώ τον συμφοιτητή και φίλο Σίμο Λαζαρίδη και τον Λουκά Φίλη για τη βοήθειά τους καθώς και τους φίλους Μπάμπη Κατιρτζόγλου και Τάσο Θεοδωρίδη για την δωρεάν παραχώρηση των αρμονίων για το κλαβιέ.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
1 <sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Σύνθεση και Synthesizer.....	7
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.2 ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ SYNTHESIZER.....	7
1.3 ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ SYNTHESIZER.....	8
2 <sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ SYNTHESIZER ΗΧΟΥ.....	11
2.1 Ο ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ ΤΩΝ SYNTHESIZER.....	11
2.2 ΤΑ ΠΡΩΤΑ SYNTHS.....	13
3 <sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ.....	18
3.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ.....	18
KEYBOARD DECODER.....	18
PICSYNTH DUAL DCO.....	18
WAVESHAPER.....	19
VCF/VCA.....	19
3.2 PICSYNTH CHIP.....	19
3.3 ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ.....	20
PICSYNTH ΠΛΑΚΕΤΑ.....	21
WAVESHAPER ΠΛΑΚΕΤΑ.....	23
VCF/VCA ΠΛΑΚΕΤΑ.....	24
3.4 ΚΛΑΒΙΕ ΠΛΗΚΤΡΟΥ.....	26
3.5 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ.....	27
4 <sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ.....	28
4.1 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	28
4.2 ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	29
4.3 ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	39
4.4 ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ.....	39
4.5 ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΗΝ ΕΥΛΙΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ.....	41
5 <sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	43
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 : ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ LFO ΚΑΙ ΤΟΝ USB ΦΟΡΤΙΣΤΗ.....	46
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 : DATASHEETS PICSYNTHEN CHIP.....	48
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 : DATASHEET LM78L05 REGULATOR.....	50
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 : DATASHEET 74HC154 LINE DECODER.....	54

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5 : DATASHEET LM324.....	60
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6 : DATASHEET 4520 DUAL UP COUNTER.....	68
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 7 : DATASHEET TRANSISTOR 2N3904.....	78
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 8 : DATASHEET 555 TIMER.....	82
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	94

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι η μελέτη και κατασκευή ενός μονοφωνικού synthesizer τεσσάρων οκτάβων με δύο ψηφιακούς ταλαντωτές, ένα waveshape κύκλωμα και αναλογικά φίλτρα.

Τα κυκλώματα της κατασκευής είναι φτιαγμένα πάνω σε διάτρητες πλακέτες. Η πρώτη πλακέτα περιλαμβάνει το βασικό chip των ταλαντωτών, την τροφοδοσία καθώς και το decoder chip. Στην δεύτερη πλακέτα πραγματοποιείται το waveshaping των δύο ταλαντωτών για να καταλήξουν να έχουν τη μορφή saw, square και triangle κυματομορφής. Η τρίτη πλακέτα περιλαμβάνει τα φίλτρα VCA, VCF καθώς και έναν Envelope.

Επιπρόσθετα στα πλαίσια βελτίωσης του synth κατασκευάστηκε ένα κύκλωμα φόρτισης φορητών συσκευών με την προοπτική να ενσωματώνεται πάνω στην κατασκευή οποιοδήποτε κινητό ή τάμπλετ ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως όργανο, παρτιτούρα ή οτιδήποτε άλλο. Ακόμα δημιουργήθηκε και ένα κύκλωμα LFO γιατί αποτελεί βασικό μέρος ενός synth.

Για τη λειτουργία της κατασκευής χρειάζεται τροφοδοσία ύψους 12V και για αυτόν τον λόγο χρησιμοποιήθηκε ένας μετασχηματιστής.

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας περιλαμβάνεται και η κατασκευή κουτιού για την ενσωμάτωση του keyboard, όλου του κυκλώματος καθώς και των εξαρτημάτων που περιλαμβάνει η κατασκευή (διακόπτες, ποτενσιόμετρα).

## ABSTRACT

The aim of this thesis, is the study and the construction of a monophonic synthesizer of four octaves range, with two digital oscillators, a waveshape circuit and analog filters.

The circuits of this construction are built on top of drilled plaques. The first plaque contains the basic chip of the oscillators, the power supply and the decoder chip. On the second plaque the waveshaping of the two oscillators is carried, to suffix at the same waveshape, saw, square and triangle. The third plaque contains the VCA, VCF filters as well as one Envelope.

In addition, within a framework of improvement of the synth, a circuit that will enable the connection of any sort of mobile appliances (e.g. Tablets, smartphones etc) is built, so the appliances can be used as an instrument or lead sheet or any other use.

Furthermore, an LFO circuit was created because it constitutes an essential part of a synth. For the function of the construction, a power supply of 12V is needed, and for that reason, an adaptor was used.

The context of the thesis includes the construction of a case that will contain the keyboard and all the circuits, as well as the buttons and the accessories that are included on the synthesizer (switches, knobs etc.).

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Σύνθεση και Synthesizer

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος σύνθεση έχει οριστεί από το λεξικό Chambers του 21<sup>ου</sup> αιώνα ως η διαδικασία κατά την οποία ενώνοντας διάφορα χωριστά απλά μέρη δημιουργείται ένα πολύπλοκο σύνολο. Παρόλα αυτά, το ταίριασμα αυτών των επιμέρους στοιχείων προϋποθέτει κάτι παραπάνω από μία τυχαία ένωση. Η σύνθεση είναι κάτι δημιουργικό και για αυτό ενώ τα synthesizer είναι ικανά να παράγουν σχεδόν άπειρες μεταβλητές στην έξοδό τους, το να τα διαχειριστεί κανείς χρειάζεται ικανότητα και αντίληψη.

Synthesizer είναι η συσκευή που έχει τη δυνατότητα να ενώνει τα χωριστά αυτά μέρη ώστε να παραγάγει το τελικό σύνολο.

### 1.2 ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ SYNTHESIZER

Όπως αναφέρει και ο Martin Russ στο βιβλίο του Sound Synthesis and Sampling, όλα τα synthesizers είναι παρόμοια στο σκεπτικό τους. Οι μεγαλύτερες διαφορές τους αφορούν αυτό που παράγουν στην έξοδό τους και τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται αυτό.

Μερικοί από τους τύπους των synthesizers είναι :

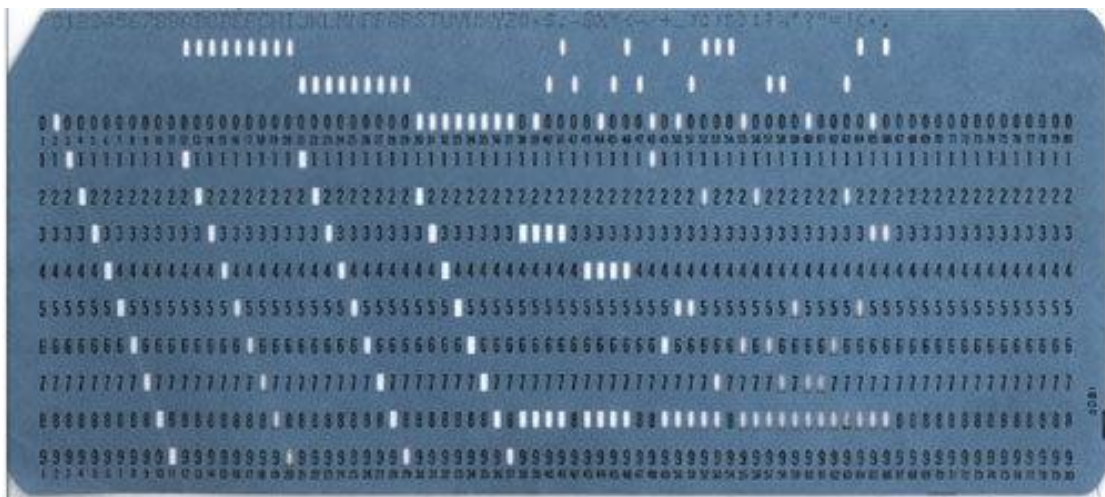
- Video synthesizers, που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή και την επεξεργασία εικόνας.
- Synthesizers ομιλίας, που χρησιμοποιούνται στους υπολογιστές και στις τηλεπικοινωνίες.
- Sound synthesizers, που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία και επεξεργασία του ήχου και της μουσικής.
- Texture synthesizers, που χρησιμοποιούνται κυρίως για την δημιουργία 3D γραφικών.

### 1.3 ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ SYNTHESIZER

Τα synthesizers αποτελούνται από δύο βασικά μέρη :

- Το control interface, στο οποίο θέτουμε τις παραμέτρους που καθορίζουν το πώς θα είναι το τελικό αποτέλεσμα.
- Τη μηχανή σύνθεσης, η οποία δέχεται τις εντολές που δώσαμε στο control interface και παράγει την τελική μας έξοδο.

Το control interface μπορεί να έχει διάφορες μορφές. Μπορεί να αποτελείται από ποτενσιόμετρα, διακόπτες(αναλογικούς ή ψηφιακούς), τιμές που θα δώσουμε σε κάποιο πεδίο ενός προγράμματος στην οθόνη κάποιου υπολογιστή, σε μορφή διάτρητων καρτών καθώς και τα τελευταία χρόνια σε εντολές τις οποίες δίνουμε μιλώντας σε ένα πρόγραμμα.



Εικόνα 1.1 Διάτρητη κάρτα.





Εικόνα 1.2 Control Interface ψηφιακού synth της εταιρίας Izotope.



Εικόνα 1.3 Control Interface αναλογικού synth της εταιρίας Anyware.

```

1 b = Buffer.read(s,
  "/Users/jyang/GitHub/synthesisrecipies/WavetableSynthesis/wavetables
  /Add Saw 2+5.wav");
1 c = Buffer.read(s, "/home/ddmi/Documents/wavetablesynthesis-
  master/wavetables/WT27.aif");
3
4 SynthDef(\snh, {
5   arg pitch=60, tune1=0, oscamp1=0.33, tune2=0, oscamp2=0.33;
6   var osc1, freq1, sig, osc2, freq2;
7   freq1 = (pitch+tune1).midicps;
8   osc1 = Saw.ar(freq1);
9   freq2 = (pitch+tune2).midicps;
10  osc2 = Saw.ar(freq2);
11  sig = Mix.ar( [ osc1*oscamp1, osc2*oscamp2 ] );
12  Out.ar(0, sig);
13 }).add;

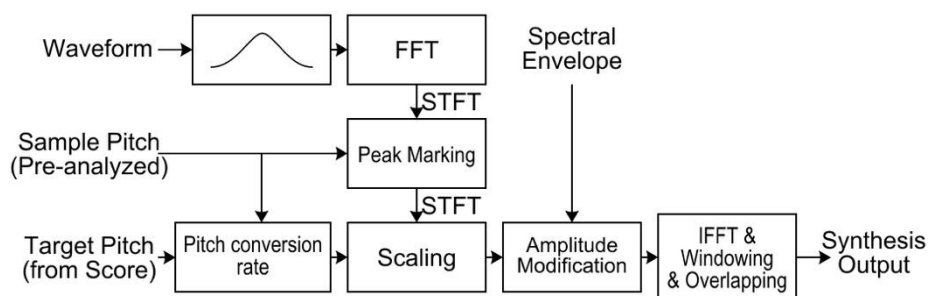
```

Post window  
 Help tree read from cache in 0.012608751989319 seconds  
 Class tree loaded in 0.03 seconds  
 RESULT = 0  
 Welcome to SuperCollider 3.6.6. For help press Cmd-Q.  
 WARNING: Extension in '/Users/jyang/Library/Application Support/SuperCollider/Extensions/ImmLib/sc3.6Additions/SequenceableCollection-flopWith.sc' overwrites SequenceableCollection:flopWith in main class library.  
 WARNING: Extension in '/Users/jyang/Library/Application Support/SuperCollider/Extensions/quarks/autogui/Classes/synthDefStorageExt.sc' overwrites SynthDef:build in main class library.  
 Intentional overwrites must be put in a 'SystemOverwrites' subfolder.  
 Interpreter: Active Server: 0.00% 0.00% Ou Os Og Od

Εικόνα 1.4 Synth φτιαγμένο με SuperColider του οποίου το interface είναι κώδικας.

Η μηχανή σύνθεσης, synthesis engine, αποτελείται από :

1. Ηλεκτρονικά στοιχεία τα οποία ακολουθώντας την ανάλογη συνδεσμολογία μας δίνουν και το ανάλογο επιθυμητό αποτέλεσμα που χρησιμοποιείται κυρίως για sound synthesizers (Hardware).
2. Εντολές σε κάποια γλώσσα προγραμματισμού οι οποίες μας δίνουν ψηφιακά synthesizers τα οποία χρησιμοποιούμε στους ηλεκτρονικούς (Software).
3. Μία μίξη του software και του hardware.



Εικόνα 1.5 Διάγραμμα ροής της μηχανής σύνθεσης του Vocalois της Yamaha.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

# Ιστορική αναδρομή των synthesizer ήχου

Κατά το πέρασμα των χρόνων τα synthesizers εξελίχθηκαν και άλλαξαν πολύ ώστε να φτάσουν στη σημερινή τους μορφή . Οι αλλαγές αυτές αφορούν από το σχήμα και το μέγεθος μέχρι το τρόπο επεξεργασίας του σήματος (από αντιστάσεις και τρανζίστορ έως ολοκληρωμένα και γλώσσες προγραμματισμού).

### 2.1 Ο πρόδρομος των synthesizers

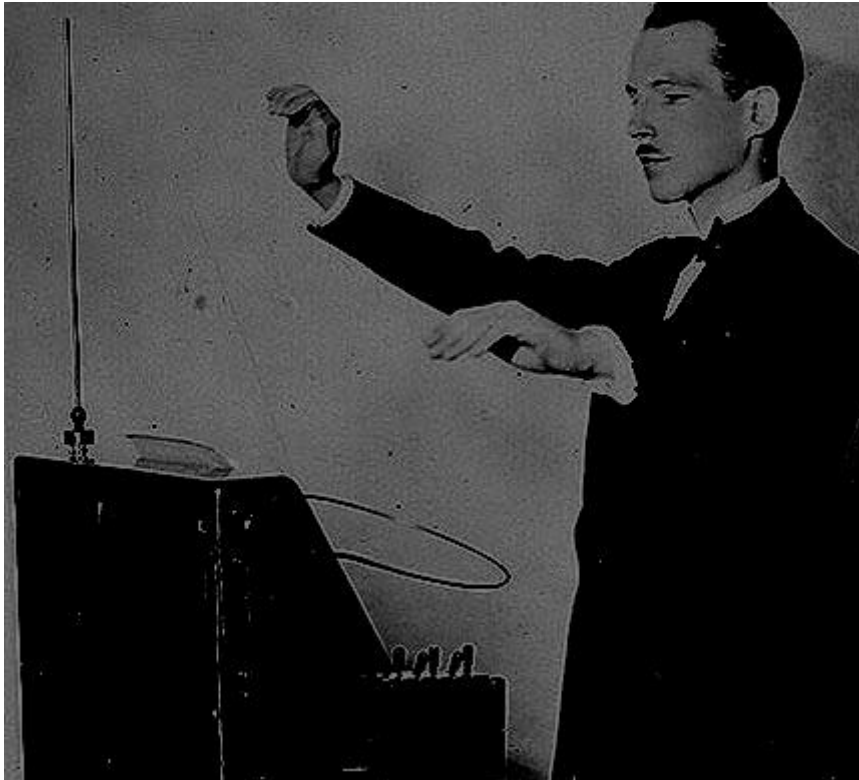
Σε μια σύντομη επισκόπηση της πορείας των ηλεκτρονικών μουσικών οργάνων, θα μπορούσαν να αναφερθούν οι παρακάτω «σταθμοί»:

- 1897, Telharmonium του Thaddeus Cahill. Χρησιμοποιεί tonewheels, για την παραγωγή ήχου.



Εικόνα 2.1 Telharmonium

- 1919, Theremin του Lev Termen (ή Leon Theremin). Χρήση ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, για την παραγωγή και διαμόρφωση του ήχου.



Εικόνα 2.2 Leon Theremin

- 1928, Ondes Martenot, του Maurice Martenot. Παρόμοιο με το Theremin, αλλά εισάγει τη χρήση πλήκτρων τύπου πιάνου.



Εικόνα 2.3 Ondes Martenot

- 1928, Trautonium, του Friedrich Trautwein



Εικόνα 2.4 Tratonium

- 1929, Joseph Schillinger - First Airphonic Suite for Theremin and Orchestra. Από τις πρώτες εφαρμογές ηλεκτρονικού μουσικού οργάνου σε μουσικό σύνολο.
- 1937, Olivier Messiaen - *Fete des belles eaux* για 6 Ondes Martenot
- 1942, Richard Strauss, χρήση Trautonium στο *Japanese Festival Music*

## 2.2 Τα πρώτα synths

Το πρώτο όργανο στο οποίο χρησιμοποιήθηκαν αμιγώς ηλεκτρονικά μέρη σε όλα τα στάδια παραγωγής και επεξεργασίας του ήχου, ήταν το Novachord του Lawrence Hammond, που κατασκευάστηκε το 1938.



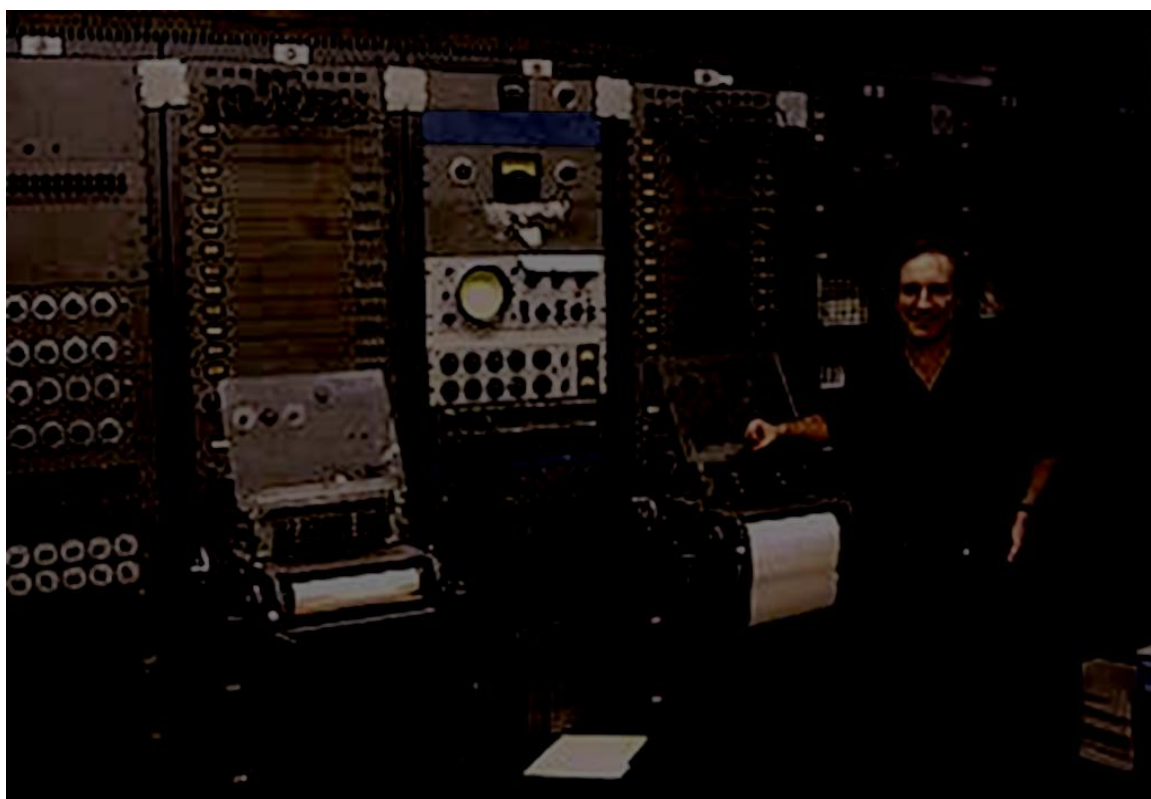
Εικόνα 2.5 Novachord

Το 1952, ο Raymond Scott, έφτιαξε το Clavinox, το οποίο ήταν στην ουσία μια μονάδα theremin, ελεγχόμενη από πλήκτρα τύπου πιάνου. Στη δημιουργία συνέβαλε ο νεαρός τότε Robert (Bob) Moog.



Εικόνα 2.6 The Clavinox

Το 1950, η Radio Corporation of America (RCA), φτιάχνει ήδη το πρώτο αναλογικό συνθεσάιζερ, το οποίο ονομάζει *Mark II Music synthesizer*.



Εικόνα 2.7 Mark II music synthesizer, από την Radio Corporation of America.

Στα τέλη της δεκαετίας του '50, εμφανίζονται τα πρώτα modular synthesizers, από κατασκευαστές όπως οι Harald Bode, Don Buchla, Hugh Le Caine, Raymond Scott και Paul Ketoff. Σαφώς μικρότερα από το Mark II της RCA, αλλά ακόμα πολύ μεγάλα για να χρησιμοποιηθούν σε ζωντανές συναυλίες και να μπουν σε σπίτια και ιδιωτικά στούντιο. Ο Buchla και ο Moog κατασκευάζουν modular synthesizers σε μικρότερο μέγεθος, προσεγγίζοντας έτσι το ευρύ κοινό και εισάγοντας τα synthesizers και στην εμπορική μουσική. Ο Moog μάλιστα, καθιερώνει τη σταθερά του 1volt/octave για το χειρισμό των synthesizers, κάνοντας έτσι δυνατή την επικοινωνία οργάνων από διαφορετικούς κατασκευαστές.



Εικόνα 2.8 Το πρώτο, ευρέως προσιτό, Moog Synthesizer.

Μια «επανάσταση» στο χώρο, ήταν η κατασκευή του Minimoog. Το minimoog, δεν είναι modular synthesizer, αλλά έχει προκαθορισμένη την πορεία του σήματος. Αυτό όμως του επέτρεπε να είναι μικρό, ελαφρύ, και φθηνό, καθιερώνοντάς το σε πολλά μουσικά σχήματα, τόσο σε συναυλίες, όσο και σε ηχογραφήσεις της εποχής. Αν και σήμερα υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία παρόμοιων οργάνων, τα Moog παραμένουν από τις κορυφαίες επιλογές των μεγαλύτερων μουσικών όλου του κόσμου, καθώς επίσης πολλών μουσικών ερασιτεχνικού επιπέδου.





Εικόνα 2.9 Το minimoog

## 1980 – σήμερα

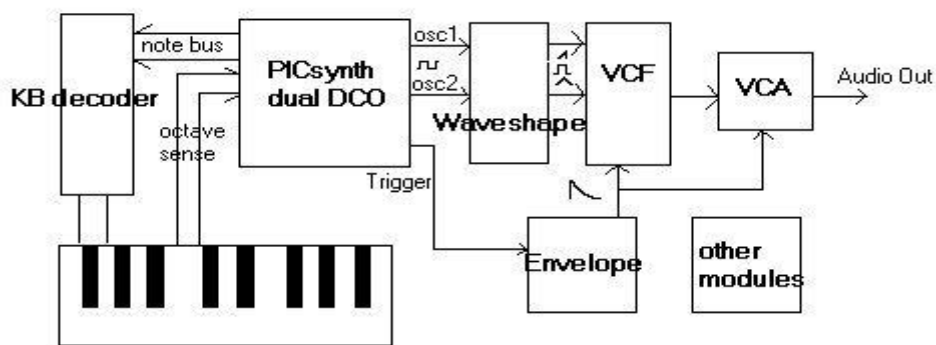
Από το 1980 υπάρχει μια διαρκής εξέλιξη της βιομηχανίας των synthesizers. Επειδή ο σκοπός της εργασίας δεν είναι η ιστορική ανασκόπηση, θα αναφερθούν μόνο μερικές κατηγορίες από αυτά. Αναπτύχθηκαν λοιπόν, τα πολυφωνικά αναλογικά (όπως το minimoog, αλλά με δυνατότητα αναπαραγωγής πολλών ήχων ταυτόχρονα), τα ψηφιακά, με χρήση fm σύνθεσης, ή δειγματοληψία φυσικών ήχων, και πολλά ακόμα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Ηλεκτρονικό κύκλωμα.

#### 3.1 Ηλεκτρονικό κύκλωμα.

Στο παρακάτω σχέδιο απεικονίζεται η ροή του σήματος της κατασκευής.



Εικόνα 3.1 Διάγραμμα ροής του σήματος του pic synth.

Ας αναλύσουμε το διάγραμμα ροής που απεικονίζεται στην εικόνα 3.1 .

#### Keyboard Decoder :

Αρχικά το βασικό ολοκληρωμένο όλου του κυκλώματος που ονομάζεται PICchip ελέγχει εάν έχει πατηθεί κάποιο πλήκτρο στο κλαβιέ εξάγοντας δυαδική πληροφορία. Έπειτα αυτή η πληροφορία αποκρυπτογραφείται από το decoder chip και η πληροφορία τροφοδοτεί τα πλήκτρα του πιάνου. Κατά το πάτημα των πλήκτρων ενεργοποιούνται και οι αισθητήρες των οκτάβων που διαβάζονται από το PICsynth τσιπ.

#### PICsynth Dual DCO (Digitally Controlled Oscillator) :

Το PICsynth παράγει 2 ταλαντωτές σχεδόν πανομοιότυπους τετραγωνικής μορφής τους οποίους μπορούμε να χειριστούμε και να επεξεργαστούμε χωριστά.

## **Waveshape :**

Μετά το PICsynth οι τετραγωνικές κυματομορφές εισέρχονται στο waveshape κύκλωμα. Το συγκεκριμένο κύκλωμα δημιουργεί οκτάβες και έχει την ικανότητα να μετατρέπει την τετράγωνη κυματομορφή του PICsynth σε τριγωνική, παλμό και ενός είδους πριονωτή κυματομορφή.

## **4. VCF (Voltage Controlled Filter) :**

Ακολουθεί το επόμενο κύκλωμα το οποίο είναι ένα φίλτρο το οποίο έχει την ικανότητα να αποκρύπτει ή να τονίζει διάφορες συχνότητες.

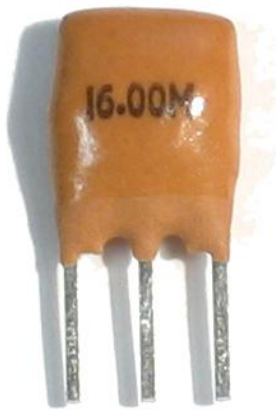
## **5. VCA (Voltage Controlled Amplifier) :**

Το τελευταίο κύκλωμα πριν την έξοδο είναι το κύκλωμα το οποίο ελέγχει το attack και το release της κάθε νότας καθώς και την ένταση της τελικής εξόδου της συσκευής.

### 3.2 PICsynth Chip

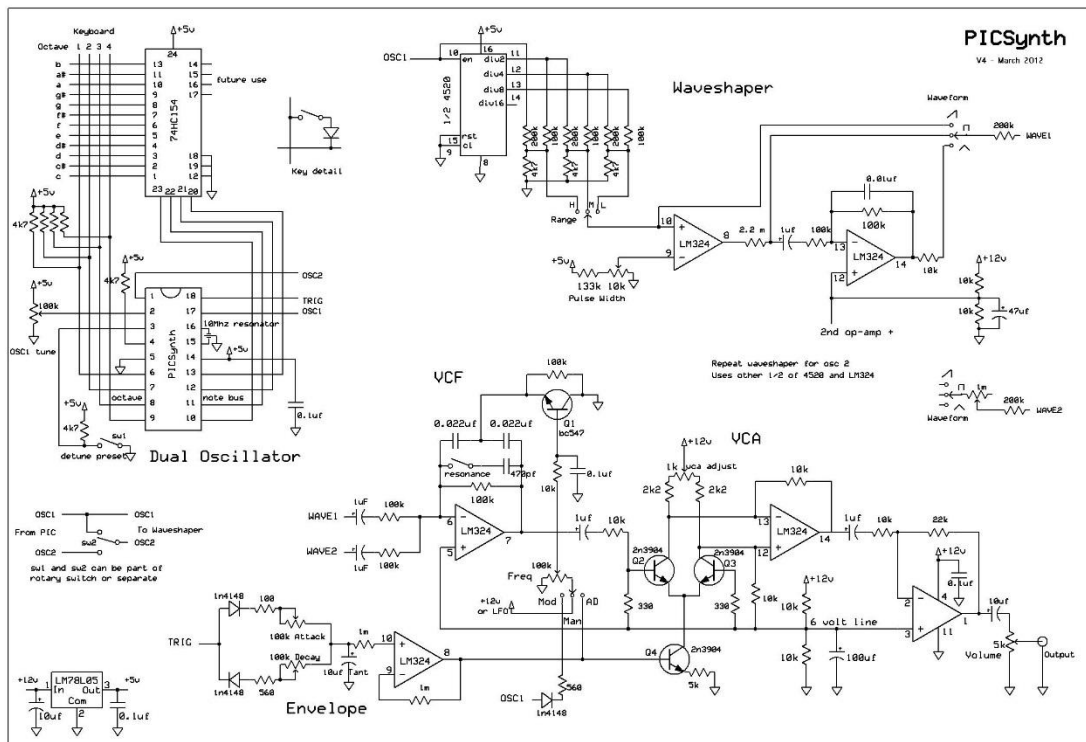
Το PICsynth chip είναι ένα custom made 18-pin τσιπάκι τύπου PIC18F1220. Διαθέτει arpeggiator, portamento και δύο oscillators εκ των οποίων ο ένας έχει μεταβλητό pitch. Το τσιπάκι είναι σχεδιασμένο να συνδέεται με έναν decoder 74HC154 και ένα κλαβιέ πιάνου. Οι έξοδοι που παράγει το τσιπάκι είναι συμβατοί με οποιοδήποτε άλλο κύκλωμα (Waveshaper/VCF/Envelope/VCA) ώστε να δημιουργηθεί ένα μονοφωνικό αναλογικό synthesizer.

Για να λειτουργήσει το τσιπάκι πρέπει να συνδεθεί σε έναν κεραμικό αντηχητή (resonator) των 10Mhz ο οποίος όταν δέχεται AC ρεύμα τροφοδοτεί το τσιπάκι μηχανικές δονήσεις. Το τσιπάκι έχει τη δυνατότητα να παράγει νότες με συχνοτικό εύρος από 262 Hz – 3960 Hz δηλαδή από τη νότα C4 έως την B7. Το PIC chip εξάγει 2 τετραγωνικές κυματομορφές των 2602 Hz.



Εικόνα 3.2 Ceramic resonator

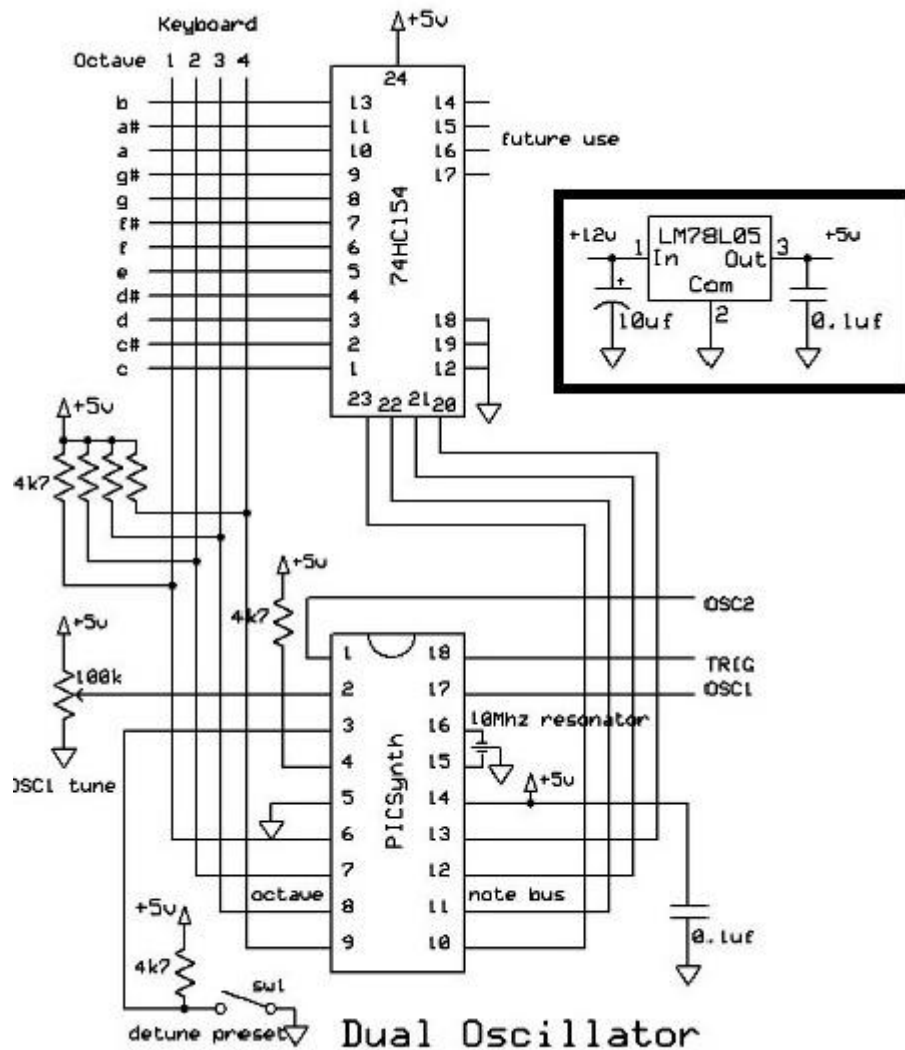
### 3.3 Το ηλεκτρονικό κύκλωμα



Εικόνα 3.3 Το σχηματικό του PICSynth.

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε ολόκληρο το σχηματικό του PICSynth. Το σχηματικό αυτό υλοποιήθηκε πάνω σε 3 διάτρητες πλακέτες. Παρακάτω θα μελετήσουμε χωριστά την κάθε μία από αυτές.

## PICsynth πλακέτα



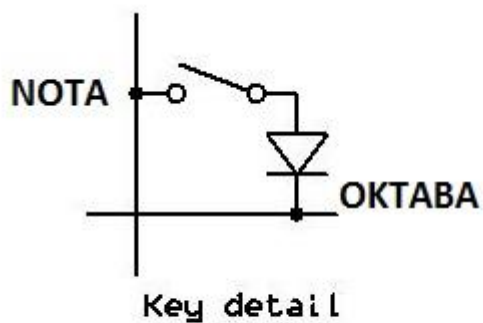
Εικόνα 3.4 Σχηματικό της πρώτης πλακέτας.

- **Τροφοδοσία**

Η τροφοδοσία του κυκλώματος γίνεται από έναν μετασχηματιστή του εμπορίου με DC τάση στα 12V. Η τάση που χρειαζόμαστε είναι 5V, για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε ο regulator LM78L05 με τη διάταξη που φαίνεται στην εικόνα 3.4 . Ο regulator έχει την ικανότητα να μετασχηματίζει τα Volt. Το συγκεκριμένο μοντέλο δίνει ως έξοδο τα 5V που είναι αυτά που χρειαζόμαστε.

Αφού λοιπόν το κύκλωμα τροφοδοτηθεί με το κατάλληλο ρεύμα μπορεί να ελέγχει το κλαβιέ που έχει συνδεδεμένες τις 12 νότες στον decoder (74HC154) και ταυτόχρονα μόλις πατηθεί το πλήκτρο ελέγχεται και η εκάστοτε οκτάβα.

Ο διακόπτης που κλείνει το κύκλωμα νότα-οκτάβα είναι η κάθε νότα στο κλαβιέ του πιάνου.



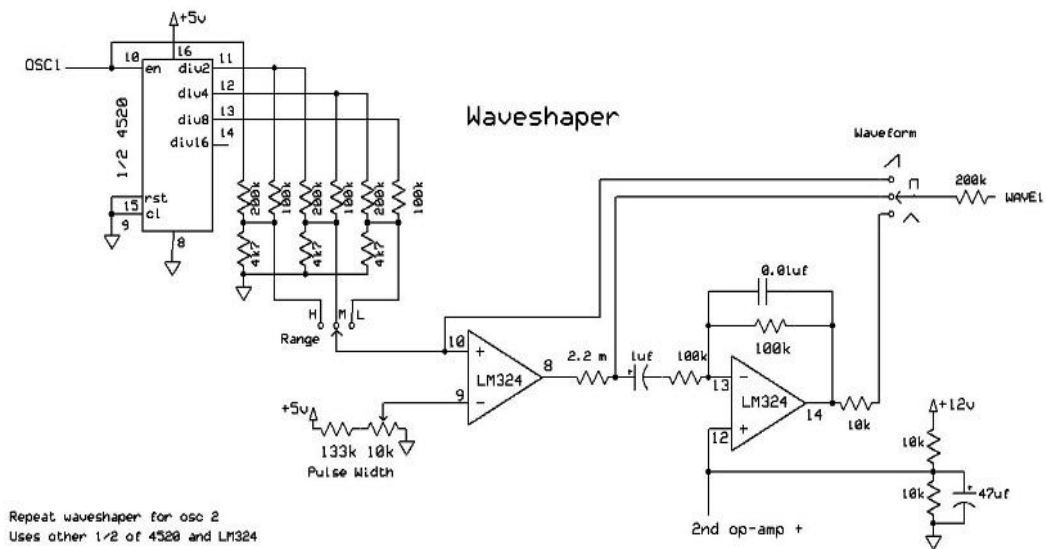
Εικόνα 3.5 Απλή απεικόνιση του κυκλώματος νότας- οκτάβας.

Για το κλαβιέ της κατασκευής βλέπε ενότητα 3.4.

Ακόμα έχει ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε ότι στο δεύτερο ποδαράκι του PICsynth chip είναι συνδεδεμένο ένα ποτενσιόμετρο το οποίο έχει γειωθεί στο ένα του άκρο και στο άλλο παίρνει τάση 5V με αποτέλεσμα να μπορεί να μας δώσει τη λειτουργία του tuner για τον OSC1.

Όπως βλέπουμε και στην εικόνα 3.4, η πρώτη πλακέτα έχει τρεις εξόδους οι οποίες είναι οι εξής : OSC1, OSC2 και TRIG με τις δύο πρώτες να εισέρχονται στις εισόδους της Waveshaper πλακέτας ενώ η TRIG έξοδος πηγαίνει στο κύκλωμα του Envelope.

## Waveshaper πλακέτα



Εικόνα 3.6 Σχηματικό της δεύτερης πλακέτας για έναν oscillator.

- **Τροφοδοσία**

Στο συγκεκριμένο κύκλωμα τα δύο ολοκληρωμένα που χρησιμοποιούμε θέλουν διαφορετική τροφοδοσία το κάθε ένα. Το μεν 4520 dual binary counter χρησιμοποιεί 5V που παίρνει από την PICsynth πλακέτα, ενώ το LM324 χρειάζεται 12V τα οποία παίρνει κατευθείαν από το τροφοδοτικό.

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε το waveshape κύκλωμα για τον έναν από τους δύο ταλαντωτές (OSC1). Ένα ίδιο κύκλωμα ισχύει και για τον δεύτερο ταλαντωτή (OSC2).

Όπως φαίνεται και στην εικόνα, η είσοδος του oscillator γίνεται στο 10<sup>ο</sup> ποδαράκι του 4520 dual binary counter. Το 4520 dual binary counter, είναι ένας διπλός μετρητής που περιλαμβάνει δύο εισόδους με ξεχωριστές εξόδους για την κάθε είσοδο, οπότε με έναν 4520 μπορούμε να καλύψουμε και τους δύο ταλαντωτές του κυκλώματος. Μέσα από τις λειτουργίες του 4520 και τη διάταξη των αντιστάσεων που δείχνει και η εικόνα 3.6, έχουν δημιουργηθεί από την αρχική συχνότητα εισόδου άλλες δύο νέες συχνότητες εκ των οποίων η μία είναι μια οκτάβα χαμηλότερη και η άλλη μία οκτάβα υψηλότερη από την νότα που παίχτηκε στο κλαβιέ του πιάνου. Επίσης έχει σχηματιστεί η κυματομορφή με το σχήμα ramp wave. Οι τρεις αυτές συχνότητες ενώνονται σε έναν διακόπτη τύπου SP3T που είναι διακόπτης 3 εισόδων και μίας εξόδου.

Στη συνέχεια το σήμα εισέρχεται σε έναν τετραπλό τελεστικό ενισχυτή, τον LM324. Όπως και πριν με τον 4520, χρησιμοποιούνται τα 2/4 του ενισχυτή για τον πρώτο ταλαντωτή και τα υπόλοιπα 2/4 για τον δεύτερο.

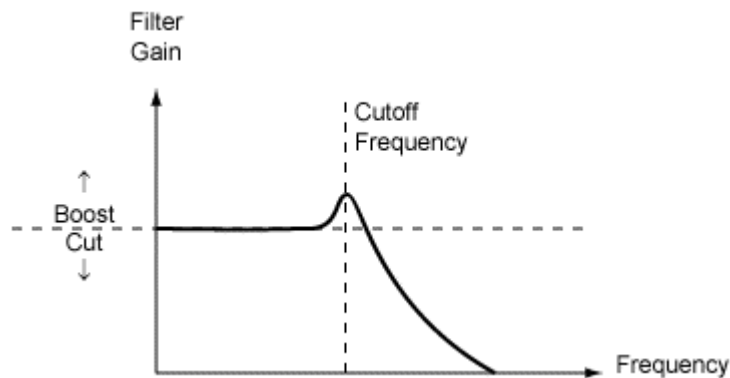




Παρατηρώντας το σχηματικό της εικόνας 3.7 βλέπουμε ότι τα WAVE 1 και WAVE 2 ενώνονται στην είσοδο 6 του τελεστικού ενισχυτή ώστε να έχουμε ακριβώς ίδια επεξεργασία του σήματος και για τις δύο κυματομορφές.

Αρχικά ας δούμε το VCF μέρος του κυκλώματος. Τα αρχικά VCF πρεσβεύουν τις λέξεις Voltage Control Filter και ουσιαστικά είναι ένα φίλτρο συχνοτήτων όπου τα χαρακτηριστικά αυτού του φίλτρου μπορούν να ελεγχθούν αλλάζοντας τα volt στην είσοδο του. Όπως φαίνεται και από την παραπάνω εικόνα υπάρχουν κάποιοι διακόπτες στο κύκλωμα. Ένας του τύπου on/off με την ονομασία resonance και ένας τύπου SP3T που έχουμε χρησιμοποιήσει αρκετές φορές μέχρι τώρα.

**Resonant** είναι το φίλτρο συχνοτήτων το οποίο περιλαμβάνει πυκνωτές και αντιστάσεις και η λειτουργία του είναι ότι ενισχύει τη συχνότητα αποκοπής του φίλτρου.



Εικόνα 3.8 Resonant filter

#### Παρατήρηση:

Κοιτώντας το σχηματικό βλέπουμε πως υπάρχει ένας διακόπτης τύπου SP3T στον οποίο καταλήγουν τρία διαφορετικά σήματα με τις ονομασίες AD-MOD-MAN. Κατά την υλοποίηση της κατασκευής διαπιστώθηκε ότι υπήρχε διαρροή σήματος και σε αυτό έπαιζε ρόλο το ότι τα σήματα αυτά είχαν υψηλή τάση και ότι ο διακόπτης που χρησιμοποιήθηκε ήταν κακής ποιότητας με αποτέλεσμα να υπάρχει αυτή η διαρροή. Για τον λόγο αυτό αφαιρέθηκε ο διακόπτης MOD και αντικαταστάθηκε με διακόπτη δύο διαδρομών. Όμως για

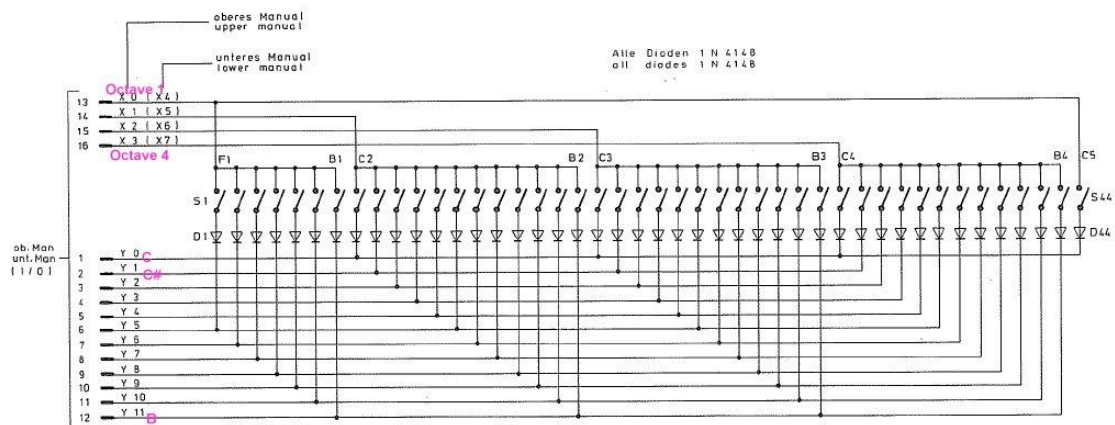
να μην απλοποιηθεί η κατασκευή αλλά και για μεγαλύτερο ηχητικό ενδιαφέρον, δημιουργήθηκε μία άλλη πλακέτα με έναν LFO ο οποίος μπαίνει στη θέση MAN του σχηματικού. Οπότε ο διακότης γίνεται ένας on/off διακόπτης του LFO.

Το φίλτρο της κατασκευής είναι ένα high cut filter.

Με την ίδια λογική που λειτουργεί ένα VCF κύκλωμα λειτουργεί και το ένα VCA κύκλωμα μόνο που στην προκειμένη περίπτωση αντί για συχνότητα εδώ ελέγχεται η ένταση του ήχου στην έξοδο του κυκλώματος.

Ακόμα, μέρος του VCA κυκλώματος είναι και το envelope κύκλωμα το οποίο καθορίζει το attack και το decay τις κάθε νότας που παίζεται.

### 3.4 Κλαβιέ πλήκτρου



Εικόνα 3.9 Σχηματικό πλήκτρου.

Το PICsynth chip είναι κατασκευασμένο για να αναγνωρίζει κλαβιέ 3 1/2 και 4 οκτάβων. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα ροής στην παραπάνω εικόνα, η πλακέτα του πλήκτρου θα πρέπει να αποτελείται από μία γραμμή για κάθε οκτάβα και από 12 γραμμές για την κάθε νότα. Οι 12 γραμμές των νοτών συνδέονται στις 12 πρώτες εξόδου του 74HC154 ενώ οι γραμμές των οκτάβων συνδέονται πάνω το PIC chip. Σε κάθε σημείο στο οποίο διασταυρώνονται οι γραμμές νοτών - οκτάβας υπάρχει ένας διακόπτης δηλαδή ένα “κλειδί”. Πρέπει να υπάρχει μία διόδος συνδεδεμένη σε σειρά με κάθε πλήκτρο του κλαβιέ και την κάθε γραμμή νότας.

Οι γραμμές των οκτάβων σε μορφή αδράνειας έχουν υψηλή τιμή αντίστασης. Όταν πατηθεί το εκάστοτε πλήκτρο πάνω στο κλαβιέ το PIC chip σαρώνει την γραμμή νότας-οκτάβας και η αντίσταση στην γραμμή που ενεργοποιήθηκε μειώνεται. Οι διόδοι είναι απαραίτητες για την αποφυγή βραχυκυκλωμάτων σε περίπτωση που πιεστούν δύο ή και περισσότερα πλήκτρα. Ο τύπος των διόδων είναι 1N4148.

Η κορυφαία νότα C μπορεί να παραμείνει ανεξάρτητη. Στην προκειμένη περίπτωση σύνδεθηκε στην προηγούμενη από αυτήν οκτάβα.

Οδηγίες σε περίπτωση που κλαβιέ δεν είναι 12 γραμμών νότας και 4 γραμμών οκτάβας:

Ορισμένα κλαβιέ δεν έχουν ξεχωριστά τις γραμμές οκτάβας παρά μόνο μία γραμμή που διέρχεται από όλο το μήκος της πλακέτας του πλήκτρου. Σε περίπτωση που ισχύει κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο να κοπεί η γραμμή μεταξύ των νοτών C και B σε κάθε οκτάβα (με τρύπημα της πλακέτας). Στη συνέχεια θα πρέπει να συνδεθεί ένα καλώδιο σε κάθε μία από τις νεοδημιουργηθείσες γραμμές. Ακόμα σε περίπτωση που δεν υπάρχουν δίοδοι θα πρέπει να προστεθούν για κάθε νότα ξεχωριστά.

Τα όργανα της Hohner και τα περισσότερα από τα φθηνά Casio είναι αυτά που έχουν το κλαβιέ που χρειάζεται αυτή η κατασκευή. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το πλήκτρο βρέθηκε από ένα παλιό αρμόνιο άγνωστης μάρκας.

### 3.5 Προσομοίωση

Για την προσομοίωση του synthesizer το πιο βασικό στοιχείο που χρειαζόμαστε είναι το PICsynth Chip το οποίο είναι ένα «χειροποίητο» ολοκληρωμένο και δεν μπορούμε να το προσομοιάσουμε χωρίς να ξέρουμε τον κώδικά του ώστε να δώσουμε στο πρόγραμμα που θα κάνει την προσομοίωση τις ακριβείς παραμέτρους του ολοκληρωμένου. Για τον λόγο αυτό δεν συνεχίστηκε η διαδικασία της προσομοίωσης.

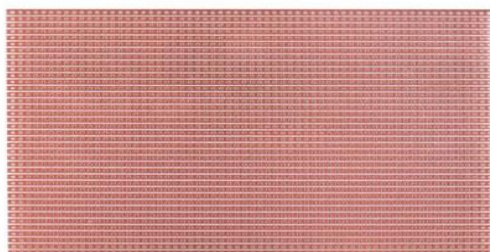
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

## ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

### 4.1 Υλοποίηση Κατασκευής

Το αρχικό στάδιο της διαδικασίας αυτής ήταν η εύρεση και αγορά των εξαρτημάτων. Ο λόγος που έκανε ιδιαίτερη και υπερβολικά χρονοβόρα τη διαδικασία αυτή ήταν ότι τα περισσότερα από αυτά τα εξαρτήματα αγοράστηκαν από διαφορετικά sites του εξωτερικού όπως ebay.com, das musikding.de, picsynth.000space. Επίσης καθ' όλη τη διάρκεια της κατασκευής και για το λόγο του ότι υπήρξαν μερικές προσθήκες κυκλωμάτων συνεχίστηκε η αναζήτηση κάποιων εξαρτημάτων ακόμα και εξοπλισμού.

Αφού λοιπόν αγοράστηκε η πλειοψηφία των μερών του synth ξεκίνησε η κατασκευή του κυκλώματος. Και οι τρεις βασικές πλακέτες κατασκευάστηκαν από την αρχή πάνω σε διάτρητη πλακέτα με παράλληλες χαλκογραμμές.



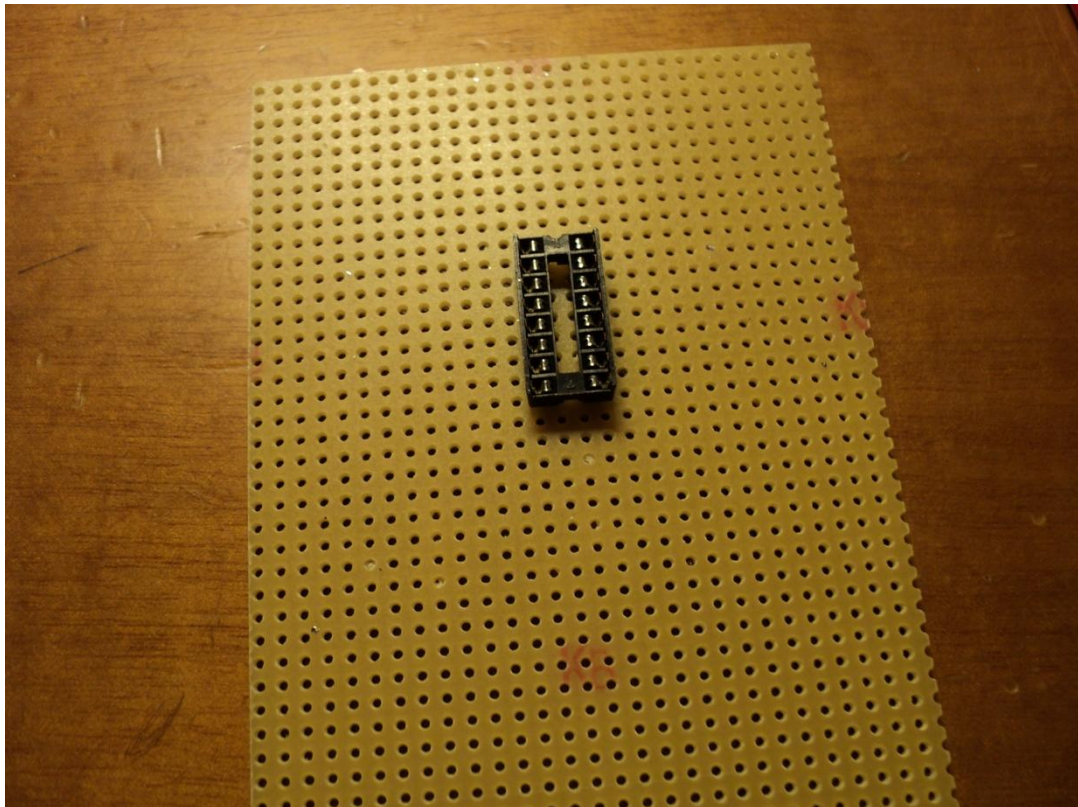
Εικόνα 4.1 Διάτρητη πλακέτα με παράλληλες χαλκογραμμές.

Στη συνέχεια ένα επίσης χρονοβόρο μέρος της διαδικασίας ήταν η εύρεση συμβατού πλήκρου. Μετά από αρκετό ψάξιμο βρέθηκε ένα παλιό και χαλασμένο αρμόνιο. Έχοντας το πλήκτρο πλέον μπορούσαν να γίνουν οι συνδέσεις μεταξύ των πλακετών και ακόμα να γίνουν μετρήσεις ώστε να κοπούν τα ξύλα στις ανάλογες διαστάσεις και να ξεκινήσει η διαδικασία κατασκευής του κουτιού του synthesizer. Ακόμα κατασκευάστηκε ένα πρόχειρο control interface με σκοπό το να εξακριβωθεί η σωστή λειτουργία του κυκλώματος με τους διακόπτες και τα ποτενσιόμετρα. Αφού κόπηκαν τα ξύλα και βιδώθηκαν, τοποθετήθηκε μέσα στο κουτί το πλήκτρο, τα κυκλώματα καθώς και το control

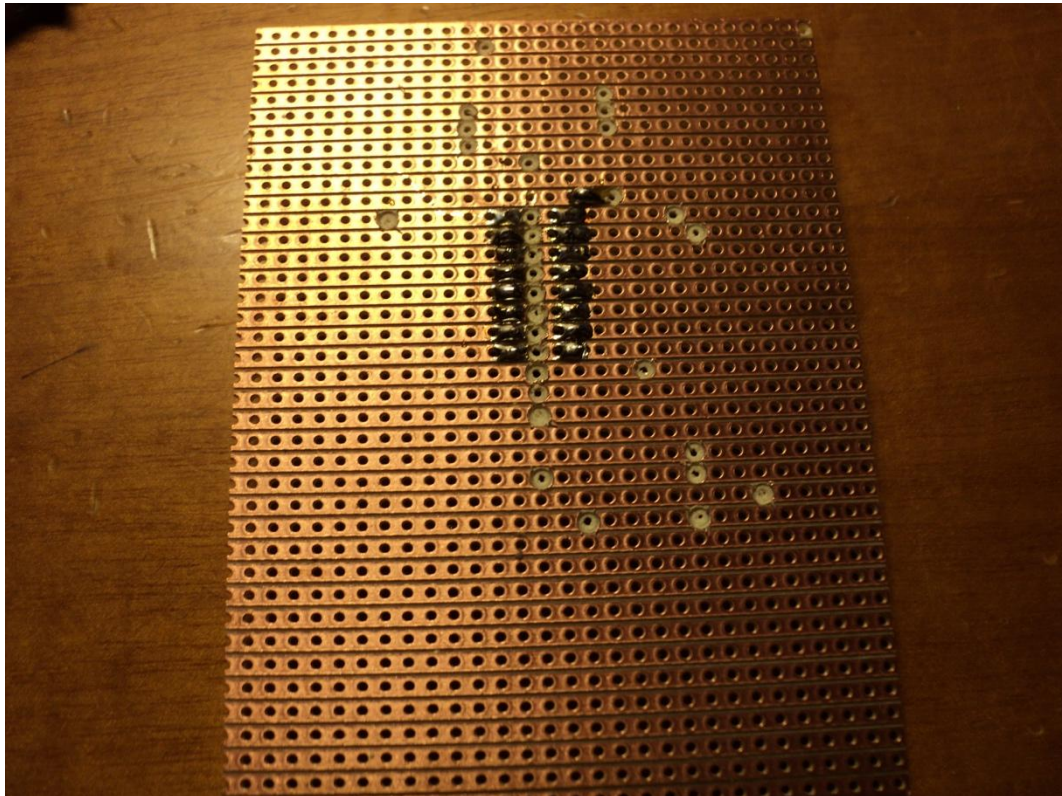
interface το οποίο κατασκευάστηκε και αυτό από ξύλο. Στην κατασκευή έχει προστεθεί και χώρος για την τοποθέτηση tablet καθώς και φορτιστής για το tablet.

#### 4.2 ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

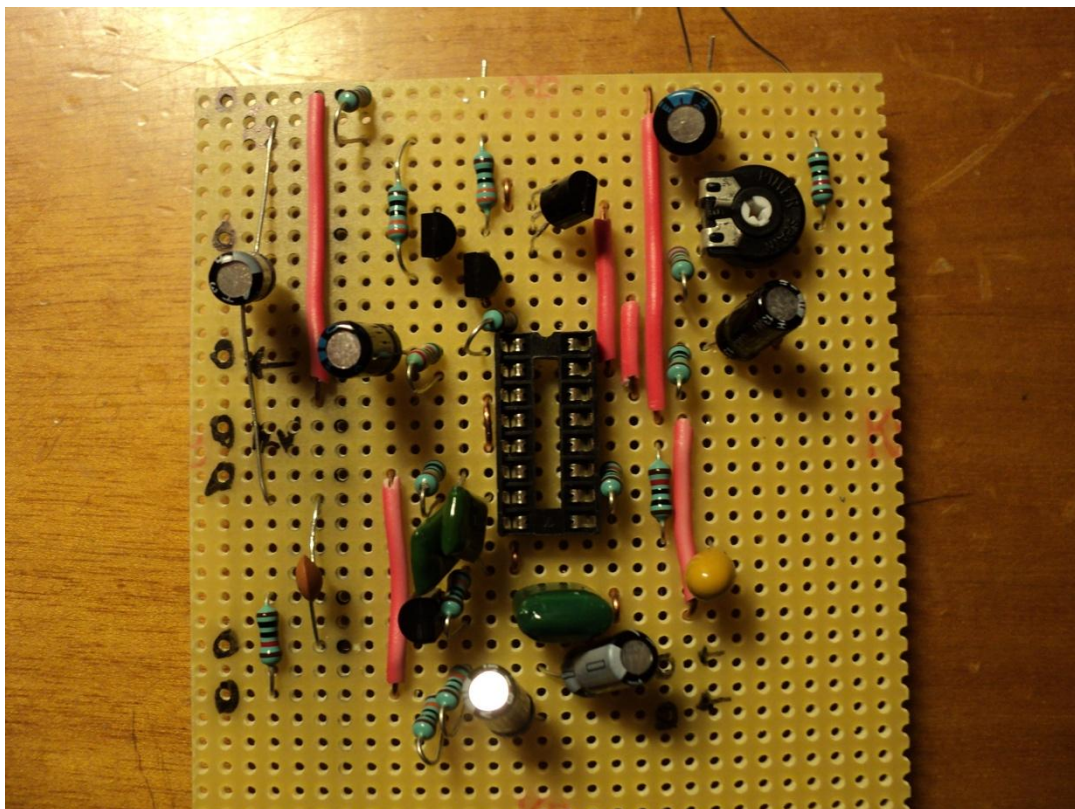
Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται η διαδικασία της κατασκευής όλων των μερών του synthesizer, από την κατασκευή των πλακετών μέχρι τα αυτοκόλλητα του control interface.



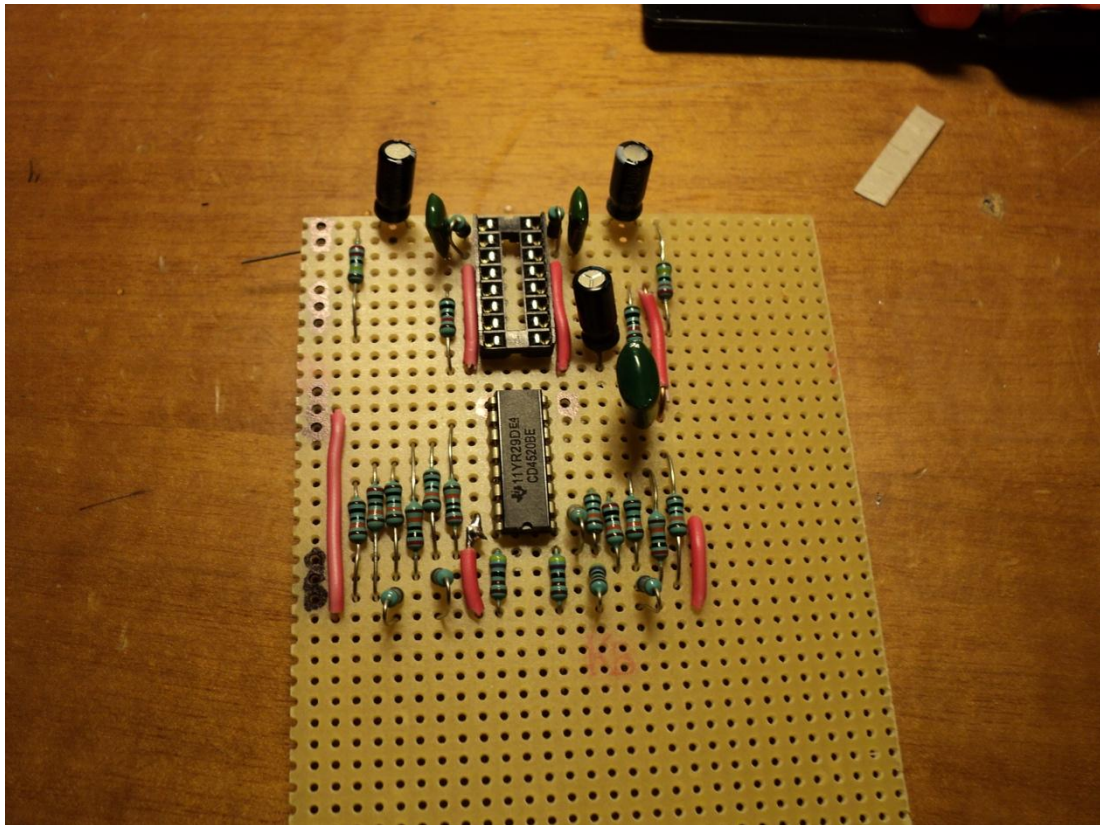
Εικόνα 4.2.1 Τοποθέτηση βάσης ολοκληρωμένου για την VCA/VCF πλακέτα.



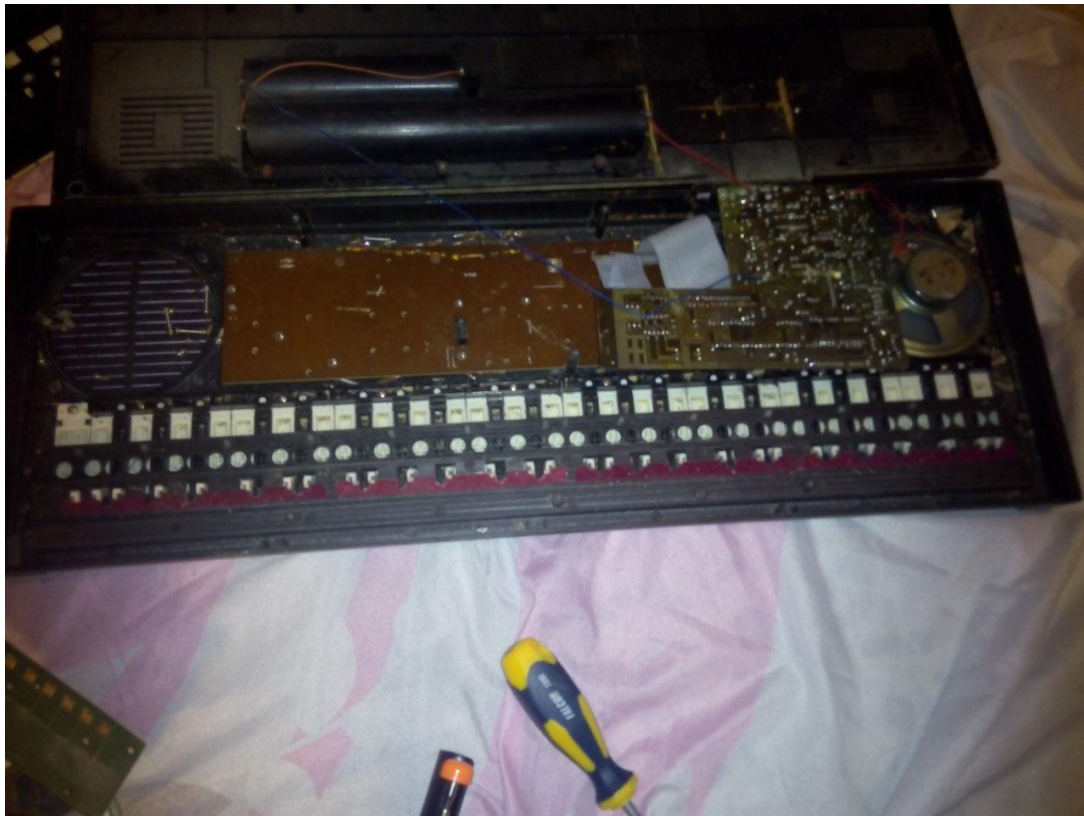
Εικόνα 4.2.2 Πίσω όψη της VCA/VCF πλακέτας. Οι λωρίδες χαλκού έχουν χωριστεί για να μην υπάρξουν βραχυκυκλώματα.



Εικόνα 4.2.3 Ολοκληρωμένη VCA/VCF πλακέτα χωρίς το τσιπάκι.



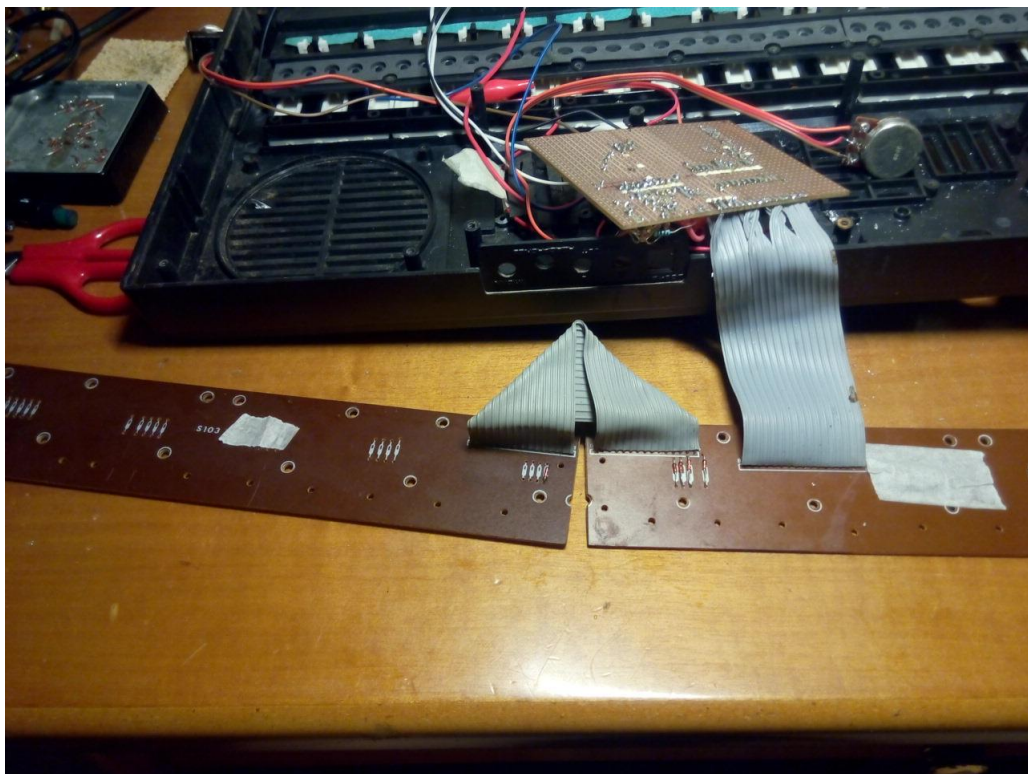
Εικόνα 4.2.4 Ολοκληρωμένη πλακέτα Waveshaper.



Εικόνα 4.2.5 Παλιό αρμόνιο από το οποίο παίρνω το πλήκτρο.



Εικόνα 4.2.6 Πλακέτα πλήκτρου.

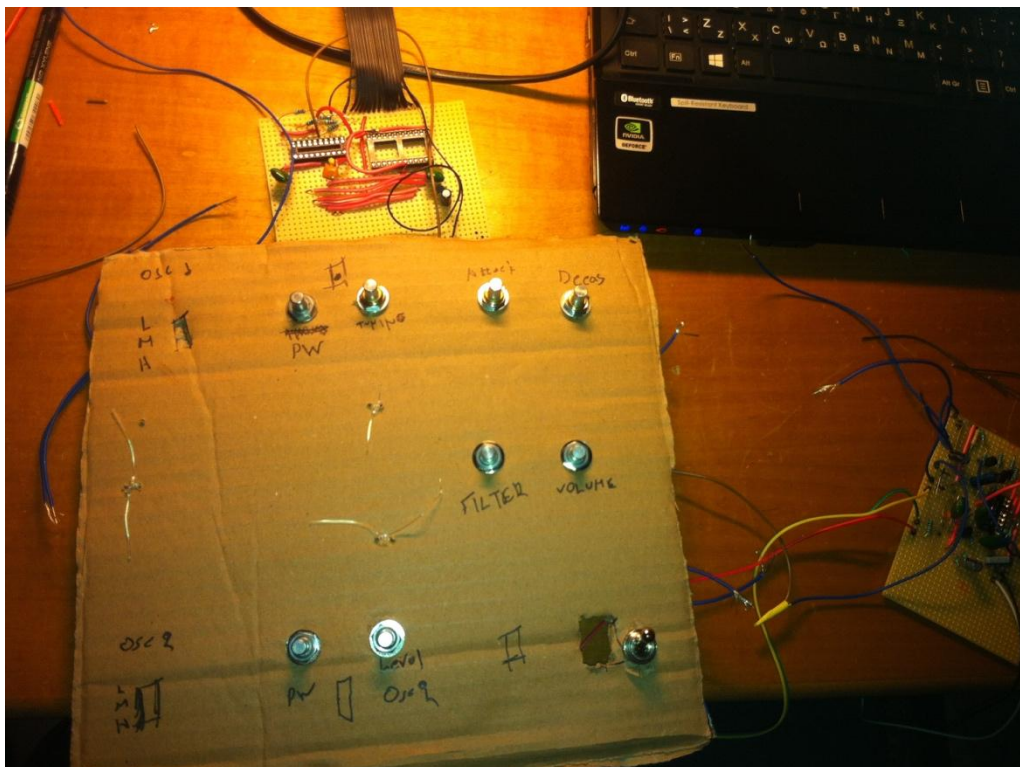


Εικόνα 4.2.7 Σύνδεση της πλακέτας του πλήκτρου με την PICSynth πλακέτα και αλλαγή φοράς των διόδων της πλακέτας του πλήκτρου με σκοπό τη συμβατότητα του κλαβιέ.

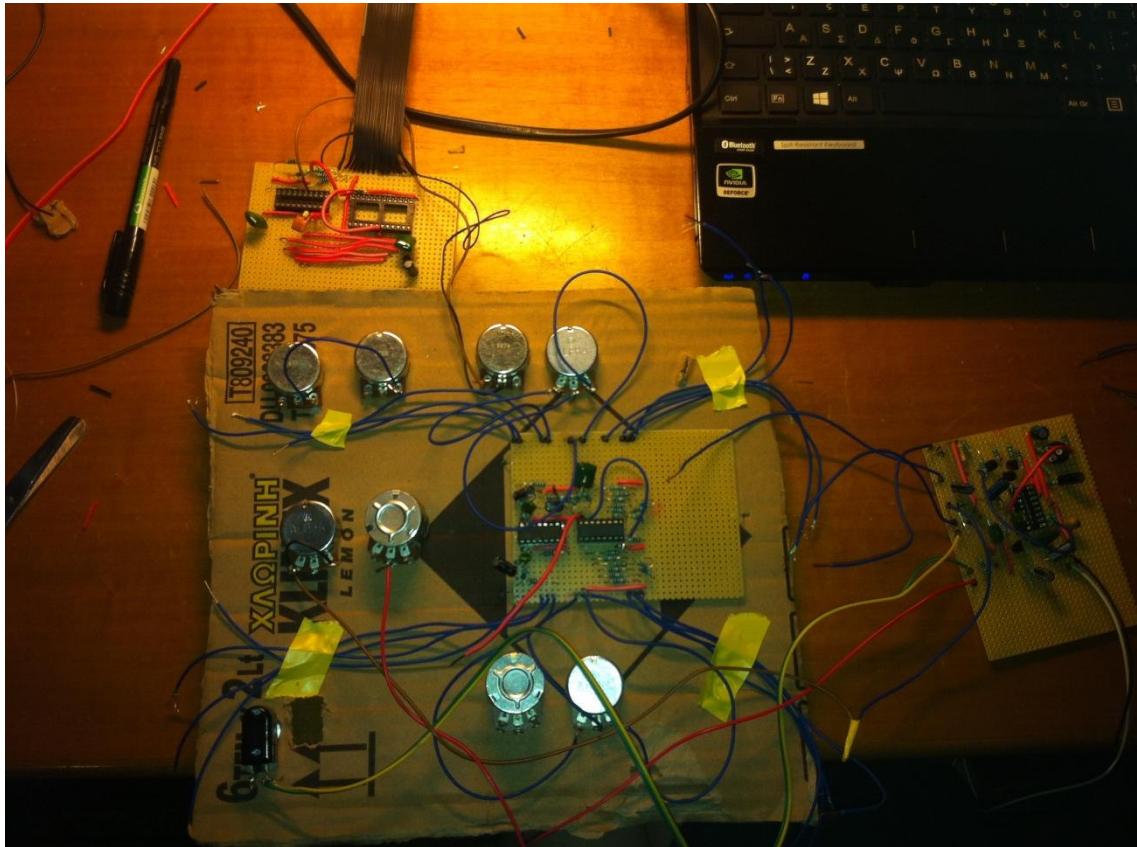




Εικόνα 4.2.8 Όλο το synthesizer πριν την συνδεσμολογία.



Εικόνα 4.2.8 Σύνδεση του synth πάνω σε πρόχειρο control interface.



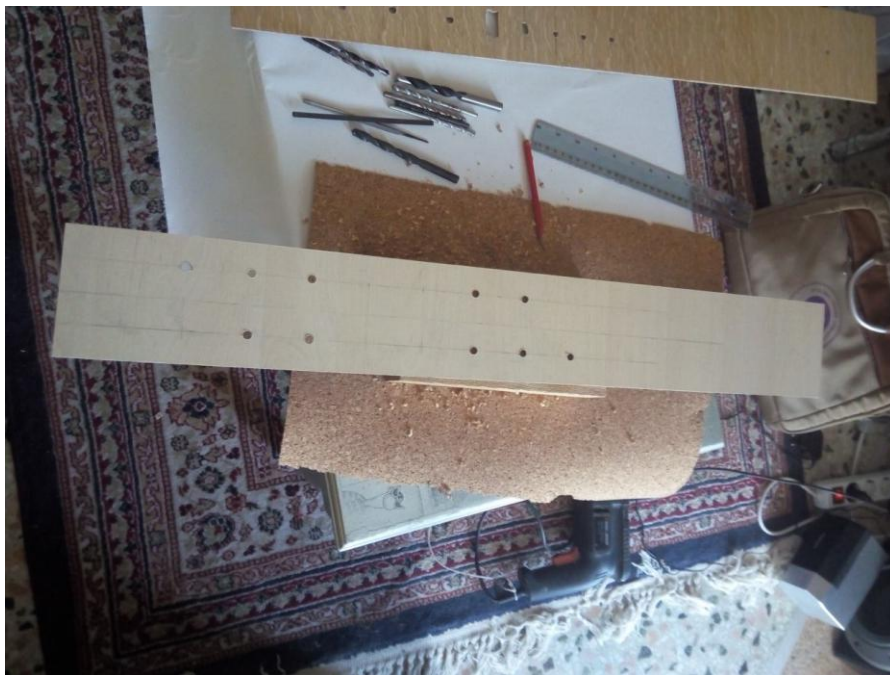
Εικόνα 4.2.9 Πίσω όψη του πρόχειρου control interface.



Εικόνα 4.2.10 Βάψιμο πλήκτρων.



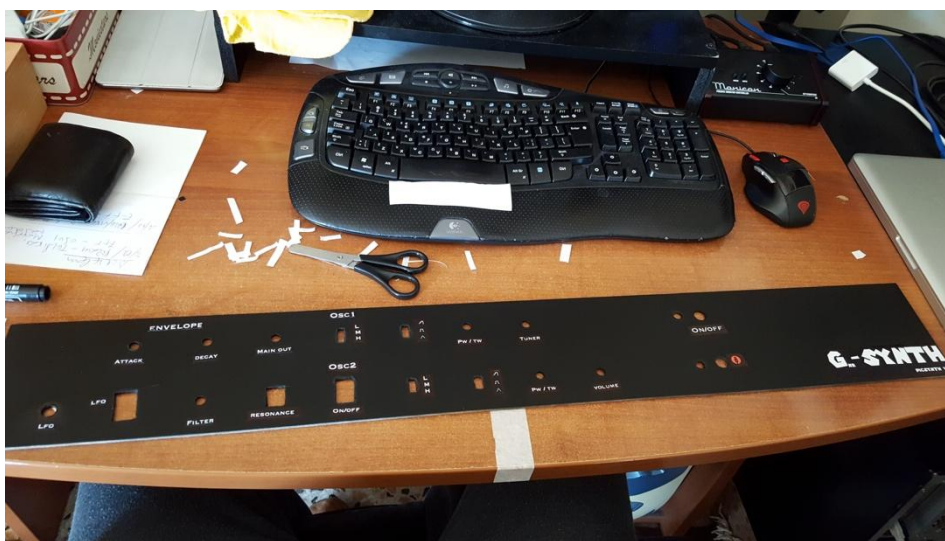
Εικόνα 4.2.11 Βάψιμο κουτιού.



Εικόνα 4.2.12 Άνοιγμα θέσεων για τα ποτενσιόμετρα και για τους διακόπτες.



Εικόνα 4.2.13 Η εικόνα αυτή δημιουργήθηκε σε ένα πρόγραμμα ζωγραφικής και ύστερα τυπώθηκε από ένα τυπογραφείο σε αυτοκόλλητη μορφή για την δημιουργία των ετικετών.



Εικόνα 4.2.14 Κόλλημα των ετικετών στο Control interface.



Εικόνα 4.2.15 Το κουτί πριν την τοποθέτηση των κυκλωμάτων και του πλήκτρου.



Εικόνα 4.2.16 Το κουτί μετά την εγκατάσταση όλων των εξαρτημάτων.



Εικόνα 4.2.17 Η πίσω όψη του synth.



Εικόνα 4.2.18 Η ολοκληρωμένη πλέον κατασκευή του PICsynth συνδεδεμένο στην πρίζα και με το tablet συνδεδεμένο στον φορτιστή του synth.

#### 4.3 ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Το κόστος της κατασκευής υπολογίζεται περίπου στα 150€ και περιλαμβάνει όλα τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. Στην συγκεκριμένη εργασία, επειδή πραγματοποιήθηκε μακριά από το ΤΕΙ και δεν υπήρχε κάποιο εργαστήριο ηλεκτρονικής στο οποίο θα μπορούσε να κατασκευαστεί το synth, χρειάστηκε να αγοραστεί και κάποιος εργαστηριακός εξοπλισμός. Ο εξοπλισμός που αγοράστηκε είναι: κολλητήρι, καλάι, πολύμετρο, τρόμπα και ένας ψηφιακός παλμογράφος για μετρήσεις ο οποίος όμως δεν ήταν ικανός, λόγω κακού software, να αντικαταστήσει έναν παλμογράφο εργαστηρίου. Μετά από όλες αυτές τις αγορές το κόστος ανέβηκε στα 280€. Ακόμα για την κατασκευή χρειαζόταν ένα κλαβιέ πιάνου το οποίο βρέθηκε μέσω φίλου. Στην περίπτωση που δεν βρισκόταν θα έπρεπε να αγοραστεί με αποτέλεσμα να ανέβει ακόμα περισσότερο το κόστος κατασκευής.

Ο χρόνος κατασκευής εάν υποθέσουμε ότι όλα τα εξαρτήματα και ο απαραίτητος εξοπλισμός είχαν συλλεχθεί είναι περίπου στους 2 μήνες.

#### ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

##### **Για το PIC board**

- 1 PICsynth chip
- 1 74HC154 IC
- 1 10Mhz κεραμικό αντηχητή (ceramic resonator)
- 1 78L05 5v ρυθμιστή (regulator)
- 2 0.1 uF πολυεστερικούς πυκνωτές (polyester cap)
- 1 10 uF 16V ηλεκτρολυτικό πυκνωτή (electrolytic cap)
- 1 16 δρόμων καλωδιοταινία για τη σύνδεση με το πλήκτρο.
- 1 100K γραμμικό (linear) ποτενσιόμετρο

Αντιστάσεις 6x4.7K

### Για το Waveshape κύκλωμα

- 1 4520 cmos dual divider
- 1 LM324 τετραπλό τελεστικό ενισχυτή (Quad op-amp)
- 2 10K linear ποτενσιόμετρα
- 1 1M linear ποτενσιόμετρο
- 1 0.1 uF πολυεστερικό πυκνωτή
- 2 1 uF ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές 16V
- 1 47 uF ηλεκτρολυτικό πυκνωτή 16V
- 2 0.01 uF πολυεστερικούς πυκνωτές
- 4 1p3t συρόμενους διακόπτες

Αντιστάσεις 6x4.7K, 4x10k, 10x100K, 8x200k, 2x133K, 2x2.2M

### Για το VCF/VCA/Envelope κύκλωμα

- 1 LM324 Quad op-amp
- 4 2n3904 ή BC547 τρανζίστορ
- 2 1N4148 διόδους
- 1 10 uF πυκνωτή τανταλίου 16V
- 4 1 uF ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές 16V
- 2 0.1 uF πολυεστερικούς πυκνωτές
- 1 10 uF ηλεκτρολυτικό πυκνωτή 16V
- 1 100 uF ηλεκτρολυτικό πυκνωτή 16V
- 2 0.022 uF πολυεστερικούς πυκνωτές 16V
- 1 470 pF disc κεραμικός πυκνωτής
- 3 100K γραμμικά ποτενσιόμετρα
- 1 5K λογαριθμικό ποτενσιόμετρο
- 1 1K trimmer horizontal
- 1 SPST συρόμενο διακόπτη
- 1 SP3T συρόμενο διακόπτη

Αντιστάσεις 1x100 ohm, 1x560 ohm, 2x330 ohm, 2x2.2K, 7x10k, 1x22K, 4x100K, 2x1M



## Διάφορα

- 1 Πλήκτρο 3 ½ ή 4 οκτάβων με τις διόδους του σε σειρά με τον κάθε διακόπτη του πλήκτρου το οποίο πάρθηκε από παλιό αρμόνιο.
- 8 Knobs
- 4 Προστατευτικές θήκες για το κάθε ολοκληρωμένο
- 3 Πλακέτες
- 1 Ζευγάρι θηλυκού RCA βύσματος
- 1 DC βύσμα

Καλώδια, ενισχυμένα καλώδια

## ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΗΝ ΞΥΛΙΝΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Για την κατασκευή του ξύλινου μέρους της εργασίας χρειαζόταν ένα είδος ξύλου το οποίο να είναι αρκετά ελαφρύ αλλά και γερό. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε ξύλο τύπου κόντρα πλακέ το οποίο πληροί τις παραπάνω προϋποθέσεις. Το πάχος του ξύλου είναι στα 1.2 cm . Ακόμα, χρειαζόταν ένα κομμάτι ξύλου για το control interface το οποίο να ήταν αρκετά λεπτό και εύκαμπτο ώστε να κοπεί και να τρυπηθεί για να μπορέσουν να προσαρμοστούν επάνω του τα ποτενσιόμετρα και οι διακόπτες. Το ξύλο που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου νοβοπάν.

## Διαστάσεις Ξύλων

Κυρίως σώμα της κατασκευής :

Κάτω επιφάνεια : 86X26 cm

Πίσω όψη : 83X9 cm

Πίσω καπάκι : 86X4 cm

Κάτω πρόσοψη : 83X1.7 cm

Πάνω πρόσοψη: 83X4 cm

Πλαϊνά : 26X9 cm

Ξύλα στήριξης του νοβοπάν : 2 κομμάτια 26X2 cm και 9X2 cm.

Control Interface : 83X12.5 cm

### **Διάφορα Υλικά και εργαλεία**

Τα εργαλεία που χρειάστηκαν για την κατασκευή ήταν: σέγα, τρυπάνι, βιδολόγος, πιστόλι ζεστής κόλλας σιλικόνης, καθώς και μέτρο για να είναι σωστά και ομοιόμορφα τα κομμάτια του ξύλου που κόπηκαν.

Για την συναρμολόγηση της κατασκευής χρειάστηκαν επίσης: βίδες, μεντεσέδες, καρφάκια, βενζινόκολα, γυαλόχαρτο, ζεστή κόλλα σιλικόνης, βερνίκι ξύλου και μαύρο σπρέι.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΟΣ

#### ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Το συγκεκριμένο θέμα το επέλεξα καθώς παρουσίασε πολύ μεγάλο ενδιαφέρον λόγω της δυσκολίας που είχε ως κατασκευή αλλά και προσωπικής περιέργειας στον τρόπο κατά τον οποίο λειτουργεί ουσιαστικά ένα τέτοιο όργανο. Για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα χρησιμοποιήθηκαν κατά βάση υλικά πολύς καλής ποιότητας. Ακόμα τα αρχικά σχέδια του synth εξελίχθηκαν σε σχέση με το αρχικό σχέδιο της κατασκευής με την πρόσθεση μιας επιπλέον λειτουργίας, έναν usb φορτιστή.

Ο χρόνος που χρειάστηκε ήταν αρκετός, ωστόσο το αποτέλεσμα δικαιώνει την αναμονή καθώς διακρίνονται πολλά θετικά στοιχεία του synth κάποια από τα οποία είναι :

- Αν και μονοφωνικό synthesizer παράγει δύο φωνές.
- Ικανότητα διαφορετικής επεξεργασίας και για τις δύο φωνές.
- Αρκετές επιλογές στο τελικό ηχητικό αποτέλεσμα.
- Όλα τα πλήκτρα και όλες οι λειτουργίες του synth, ακόμα και αυτές που πρόσθεσε ο γράφοντας λειτουργούν σωστά.
- Ο ήχος του synth μπορούμε να πούμε ότι είναι αρκετά ικανοποιητικός και θα μπορούσε να σταθεί σε κάποια παραγωγή.
- Λόγω της ενσωμάτωσης φορτιστή αλλά και θέση για tablet η κατασκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και σε live performance.

Παρόλα αυτά διακρίνονται και κάποια αρνητικά στοιχεία όπως συνήθως συμβαίνει στις αυτοσχέδιες κατασκευές :

- Υπάρχει κάποιο πρόβλημα στο pulse width ποτενσιόμετρο και των δύο ταλαντωτών του synth με αποτέλεσμα η pulse κυματομορφή να έχει πολύ χαμηλότερο σήμα από τις άλλες δύο, και μόνο σε μία συγκεκριμένη θέση του ποτενσιόμετρου παίζει σωστά. Αυτό πολύ πιθανό να οφείλεται στην αρχική σχεδίαση του synth από τον κατασκευαστή του γιατί έγινε πολλαπλή εξέταση πάνω στο κύκλωμα για τυχόντα λάθη.
- Λόγω του τρόπου κατασκευής και του τύπου των ξύλινων μερών της κατασκευής, καλό θα ήταν να μην μετακινείται πολύ.
- Κακής ποιότητας πλήκτρο.
- Δεν υπάρχει midi είσοδος/έξοδος.

Το PICsynth που δημιουργήθηκε αποτελεί μία αρκετά περίπλοκη κατασκευή με πολλές λειτουργίες οι οποίες στο σύνολό τους λειτουργούν όπως θα έπρεπε, χωρίς ασυνέχειες σήματος και με τα πλήκτρα, τους διακόπτες και τα ποτενσιόμετρα να ανταποκρίνονται.

## ΣΥΓΚΡΙΣΗ

Τα synthesizer του εμπορίου (ακόμα και τα παλαιά μοντέλα) είναι σαφώς ανώτερα στα χαρακτηριστικά τους, από την πληθώρα των φίλτρων μέχρι και τις μηχανές σύνθεσής τους. Παρόλα αυτά το πλήκτρο που κατασκευάστηκε θα μπορούσε να αντεπεξέλθει σε κάποια παραγωγή.

Από τα εμπορικά μοντέλα των synthesizers δεν βρέθηκε κάποιο που να μοιάζει πλήρως με την κατασκευή. Ένα μοντέλο με το οποίο μοιάζει λίγο είναι το Minicon της εταιρίας Steiner Parker. Πρόκειται για ένα μονοφωνικό συνθεσάιζερ τεσσάρων οκτάβων και μίας φωνής. Λειτουργικά υποστηρίζει ακριβώς ό,τι και το synth της παρούσας εργασίας (εκτός από την έλλειψη δεύτερης φωνής). Όμως παρέχει και άλλες λειτουργίες για παράδειγμα είναι γεννήτρια λευκού και ροζ θορύβου, έλεγχο στην ταχύτητα και στο βάθος του ήχου, low – high – band pass envelope, portamento, pitch bend, gate κ.α. Τώρα όσον αφορά την ποιότητα του ήχου, δεν θα μπορούσαμε να κάνουμε κάποια σύγκριση λόγο του ότι δεν υπάρχει διαθέσιμο το Minicon.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Συνοψίζοντας, η εκπόνηση μίας τέτοιας κατασκευής ήταν μία επιμορφωτική εμπειρία, καθώς μαθαίνεις πως φτιάχνεται από το μηδέν μία συσκευή την οποία χρησιμοποιεί μια μεγάλη μερίδα μουσικών (και όχι μόνο). Εκτός από την εκπαίδευση που δέχεσαι κατά την διάρκεια της κατασκευής πάνω σε ηλεκτρονικά κυκλώματα, εργαλεία, ξύλα και το πάντρεμα αυτών, μαθαίνεις πως να οργανώνεις τις σκέψεις σου, να κάνεις τον κατάλληλο σχεδιασμό πριν πράξεις το οτιδήποτε και ακόμα πιο σημαντικό είναι όταν γίνει το λάθος, να βρεθεί ο τρόπος να διορθωθεί.

## ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

Βελτιώσεις που θα μπορούσαν να γίνουν στην κατασκευή :

- Τύπωμα πλακετών ώστε να μειωθεί αρκετά η πιθανότητα διαρροών του σήματος.
- Αξιοποίηση όλων των δυνατοτήτων του PICsynth Chip (portamento, arpeggio).
- Σύνδεση της εξόδου του tablet στην έξοδο του synth ώστε να υπάρχει ένα σήμα στην έξοδο για μεγαλύτερη πρακτικότητα της κατασκευής.
- Κατασκευή midi κυκλώματος για midi out.
- Κατασκευή φίλτρων.
- Αντικατάσταση πλήκτρων με πλήκτρα καλύτερης ποιότητας.
- Καλύτερης ποιότητας διακόπτες.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 : ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ LFO ΚΑΙ ΤΟΝ USB ΦΟΡΤΙΣΤΗ

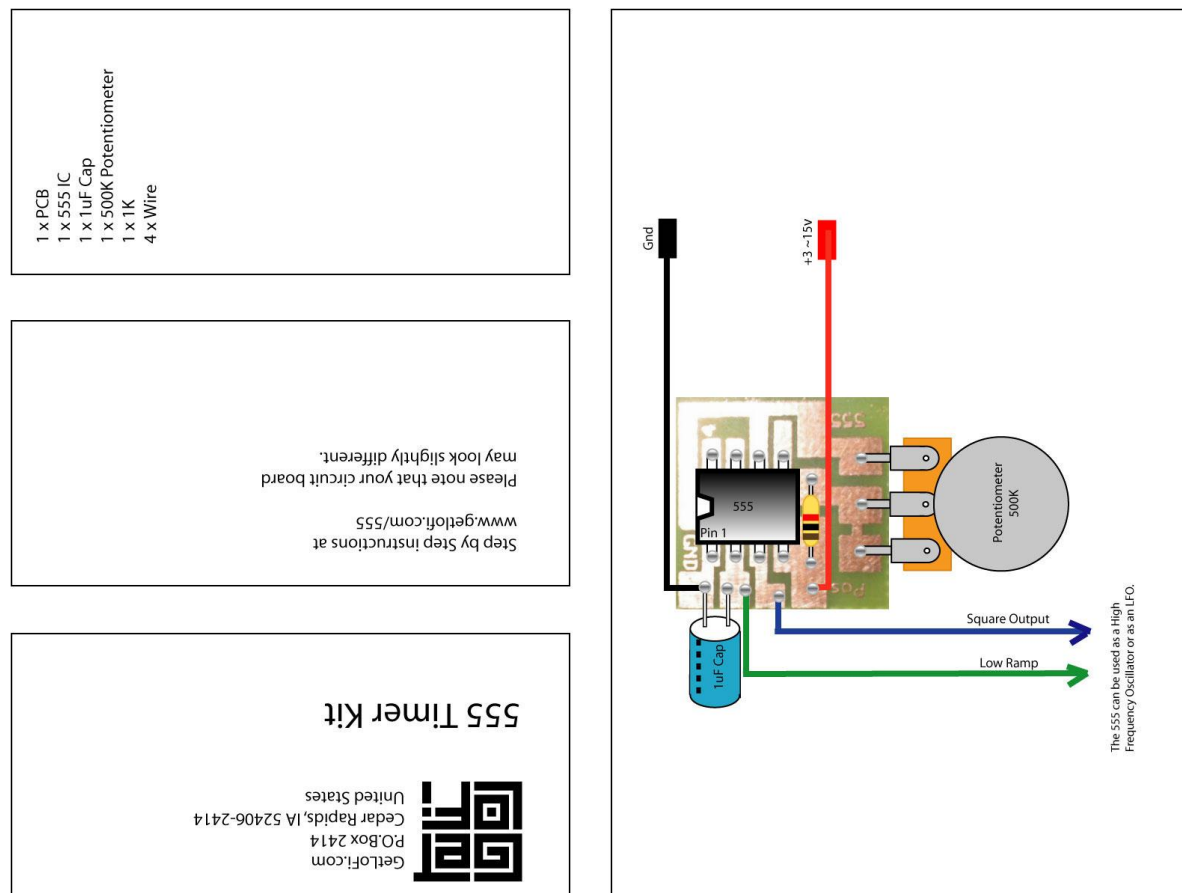
Στο VCF μέρος του σχηματικού βλέπουμε ότι η μία θέση στον τριπλό διακόπτη συνδέεται με πηγή 12volt ή με κάποιο κύκλωμα LFO(Low Frequency Oscillator).

Αρχικά συνδέθηκε ο διακόπτης με πηγή 12v. Παρατηρήθηκε όμως ότι το ηχητικό αποτέλεσμα δεν είχε κάποιο ενδιαφέρον και ο λόγος ήταν ότι έμοιαζε με κάποια άλλη επιλογή του διακόπτη. Για τον λόγο αυτό αποφασίστηκε η κατασκευή ενός απλού LFO.

- Το βασικό στοιχείο για αυτό το κύκλωμα ήταν ένας 555 Timer και τα σχέδια βρέθηκαν από το διαδίκτυο.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι :

555 Timer, 1 πυκνωτή 1uF, 1 αντίσταση 1K, 1 ποτενσιόμετρο 500K, 1 πλακέτα και μερικά καλώδια.



Εικόνα 1 : Πληροφορίες LFO και σχηματικό.

Ο φορτιστής που χρησιμοποιήθηκε είναι ένας φορτιστής αυτοκινήτου. Οι φορτιστές αυτοί έχουν την ιδιότητα να λειτουργούν με τάση των 12V και να εξάγουν 5V στην usb θύρα τους. Η συνδεσμολογία του με το υπόλοιπο κύκλωμα είναι πολύ απλή. Πιο συγκεκριμένα, αφού κρατήθηκε μόνο το κύκλωμα και όχι το εξωτερικό περίβλημα, συνδέθηκε πάνω στην κεντρική πηγή του κυκλώματος, που είναι της τάξης των 12V, με έναν on/off διακόπτη. Να σημειωθεί ότι η γείωση στο κύκλωμα αυτό βρίσκεται στο μεταλλικό περίβλημα της usb θύρας, ενώ τα 12V συνδέονται πάνω στο μεταλλικό έλασμα του φορτιστή αυτοκινήτου.



---

Εικόνα 2 Φορτιστής αυτοκινήτου.

**PICSYNTH V4 CHIP**  
**Datasheet updated 22 March 2012**

The PICSynth V4 chip features :

Cool Arpeggiator  
Portamento  
Dual oscillators with adjustable pitch Oscillator 1  
Pitch up to B7



The chip is designed to be connected to a decoder (74HC154) and standard organ keyboard. It scans the keyboard and produces two oscillators and one trigger output - the chip can be connected to any Waveshaper/VCF/Envelope/VCA circuits to produce a monophonic analog synth.

Full details of an analog synth can be found on <http://picsynth.000space.com>

**FEATURES**

The chip supports a button matrix (all momentary action push buttons) to control the Arpeggiator and Portamento :

74HC154 pin	Pin 14	Pin 15	Pin 16	Pin 17
Arpeggiator (oct 4 line)	Off	Up	Down	Up/down
Arpeggiator (oct 3 line)	Slower	Faster	Hold	Release
Portamento (oct 2 line)	Off	Slow	Med	Fast
Mode (oct 1 line)	Normal	Organ		

When the Arpeggiator is turned on you can press up to 8 keys in a chord pattern and the synth will cycle through the notes repeatedly. The default pattern is up ie lowest to highest note but can be changed to Down or Up/down.

For example if E,G,B,E (E minor chord) are held down and Up/down is selected the notes will be played in order E,G,B,E,B,G,E,B,G,E,G,B,E etc...

Holding down Slower will slow down the arpeggiator, holding down Faster will speed up the arpeggiator. The speed is remembered until next power off.



Pressing Hold will hold the current pattern and lock the keyboard. Pressing Release will clear the pattern and play the new pattern of held down keys. Hold is useful when you want to adjust the sound while the pattern is repeating.

Portamento (or glide) : Portamento is turned on by pressing Portamento Slow, Med or Fast buttons. The notes will glide between each other at the rate selected.

Organ mode is activated when you press the organ mode button. After this button is pressed the PICSynth will turn on and off the oscillators when a key is pressed and released. This is useful if you want to build a very simple PICSynth with just the chip, maybe a wave shaper and no VCA at all - similar to how an organ works.

## **PIN CONNECTIONS**

The chip is an 18 pin package as pictured.

PIN 1 is oscillator 2 output

PIN 2 is pitch adjust pin. PIN 2 should be connected to analog voltage from 0-5v to adjust pitch of oscillator 1. The pitch adjust only works when a key is being pressed. 2.5V is the center position. For example connect to slider of a 100K linear pot connected between 0 and 5V.

PIN 3 is detune1 option. Normally this is made high. A low on this PIN will provide a nice close detune option across all octaves. The pitch adjust (PIN2) is disabled when PIN 3 is made low.

PIN 4 is PIC reset and should be made high.

PIN 5 is ground.

PIN 6-9 are "octave sense" lines. Pin 6 is referred to as octave 1. Pin 9 is referred to as octave 4.

PIN 10-13 is the "note bus". Pin 10 is least significant bit.

PIN 14 should be connected to regulated +5v

PIN 15 and PIN 16 should be connected to the outer pins of a ceramic oscillator.

The center pin of the ceramic oscillator is grounded. A crystal can also be used with 2x22pf capacitors.

PIN 17 is oscillator 1 output.

PIN 18 is trigger output.

The new button matrix is connected between 74HC154 pins and octave lines ie just like extra keys on the keyboard. For example when you press Arpeggiator Off button it should connect PIN 14 line of 74HC154 to octave 4 line - there must be a diode in series with each switch (cathode to 74HC154 line).



May 2003

## LM78LXX Series 3-Terminal Positive Regulators

### General Description

The LM78LXX series of three terminal positive regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. When used as a zener diode/resistor combination replacement, the LM78LXX usually results in an effective output impedance improvement of two orders of magnitude, and lower quiescent current. These regulators can provide local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow the LM78LXX to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment.

The LM78LXX is available in the plastic TO-92 (Z) package, the plastic SO-8 (M) package and a chip sized package (8-Bump micro SMD) using National's micro SMD package technology. With adequate heat sinking the regulator can deliver 100mA output current. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistors is provided to limit inter-

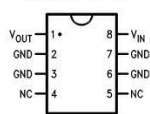
nal power dissipation. If internal power dissipation becomes too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

### Features

- LM78L05 in micro SMD package
- Output voltage tolerances of  $\pm 5\%$  over the temperature range
- Output current of 100mA
- Internal thermal overload protection
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in plastic TO-92 and plastic SO-8 low profile packages
- No external components
- Output voltages of 5.0V, 6.2V, 8.2V, 9.0V, 12V, 15V
- See AN-1112 for micro SMD considerations

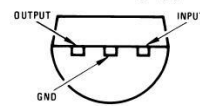
### Connection Diagrams

SO-8 Plastic (M)  
(Narrow Body)



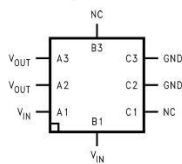
Top View  
00774402

(TO-92)  
Plastic Package (Z)



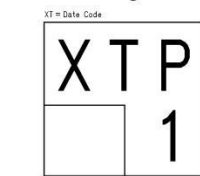
Bottom View  
00774403

8-Bump micro SMD



Top View  
(Bump Side Down)  
00774424

micro SMD Marking Orientation



Pin A1 Corner  
Pin A1 is identified by lower left corner with respect to the text.  
00774433

**Absolute Maximum Ratings** (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Power Dissipation (Note 5)	Internally Limited
Input Voltage	35V
Storage Temperature	-65°C to +150°C
ESD Susceptibility (Note 2)	1kV

## Operating Junction Temperature

SO-8, TO-92	0°C to 125°C
micro SMD	-40°C to 85°C

## Soldering Information

Infrared or Convection (20 sec.)	235°C
Wave Soldering (10 sec.)	260°C (lead time)

**LM78LXX Electrical Characteristics** Limits in standard typeface are for  $T_J = 25^\circ\text{C}$ . **Bold typeface** applies over  $0^\circ\text{C}$  to  $125^\circ\text{C}$  for SO-8 and TO-92 packages, and  $-40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$  for micro SMD package. Limits are guaranteed by production testing or correlation techniques using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. Unless otherwise specified:  $I_O = 40\text{mA}$ ,  $C_I = 0.33\mu\text{F}$ ,  $C_O = 0.1\mu\text{F}$ .

**LM78L05**

Unless otherwise specified,  $V_{IN} = 10\text{V}$

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$V_O$	Output Voltage		4.8	5	5.2	V
		$7\text{V} \leq V_{IN} \leq 20\text{V}$ $1\text{mA} \leq I_O \leq 40\text{mA}$ (Note 3)	<b>4.75</b>		<b>5.25</b>	
		$1\text{mA} \leq I_O \leq 70\text{mA}$ (Note 3)	<b>4.75</b>		<b>5.25</b>	
$\Delta V_O$	Line Regulation	$7\text{V} \leq V_{IN} \leq 20\text{V}$		18	75	mV
		$8\text{V} \leq V_{IN} \leq 20\text{V}$		10	54	
$\Delta V_O$	Load Regulation	$1\text{mA} \leq I_O \leq 100\text{mA}$		20	60	
		$1\text{mA} \leq I_O \leq 40\text{mA}$		5	30	
$I_O$	Quiescent Current			3	5	mA
$\Delta I_O$	Quiescent Current Change	$8\text{V} \leq V_{IN} \leq 20\text{V}$ $1\text{mA} \leq I_O \leq 40\text{mA}$			<b>1.0</b> <b>0.1</b>	
$V_n$	Output Noise Voltage	$f = 10\text{ Hz to } 100\text{ kHz}$ (Note 4)		40		$\mu\text{V}$
$\frac{\Delta V_{IN}}{\Delta V_{OUT}}$	Ripple Rejection	$f = 120\text{ Hz}$ $8\text{V} \leq V_{IN} \leq 16\text{V}$	47	62		dB
$I_{PK}$	Peak Output Current			140		mA
$\frac{\Delta V_O}{\Delta T}$	Average Output Voltage Tempco	$I_O = 5\text{mA}$		-0.65		mV/°C
$V_{IN}(\text{Min})$	Minimum Value of Input Voltage Required to Maintain Line Regulation			6.7	7	V
$\theta_{JA}$	Thermal Resistance (8-Bump micro SMD)			230.9		°C/W

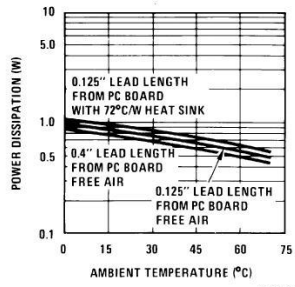
**LM78L62AC**

Unless otherwise specified,  $V_{IN} = 12\text{V}$

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$V_O$	Output Voltage		5.95	6.2	6.45	V
		$8.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 20\text{V}$ $1\text{mA} \leq I_O \leq 40\text{mA}$ (Note 3)	<b>5.9</b>		<b>6.5</b>	
		$1\text{mA} \leq I_O \leq 70\text{mA}$ (Note 3)	<b>5.9</b>		<b>6.5</b>	

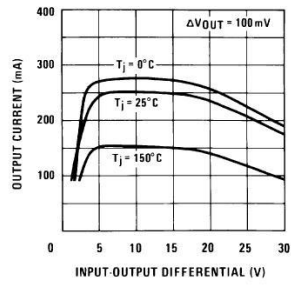
## Typical Performance Characteristics

Maximum Average Power Dissipation (Z Package)



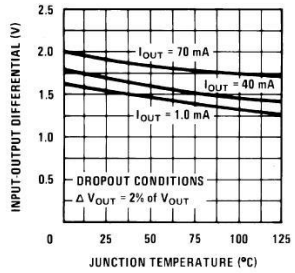
00774414

Peak Output Current



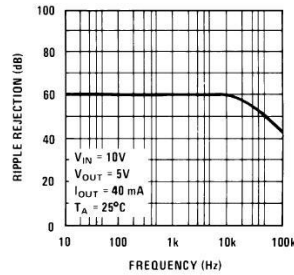
00774416

Dropout Voltage



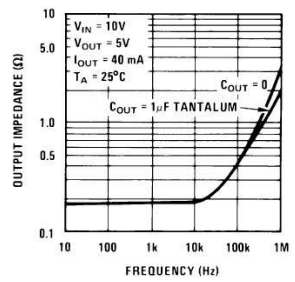
00774417

Ripple Rejection



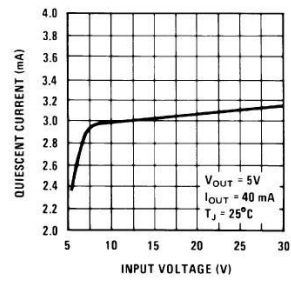
00774418

Output Impedance



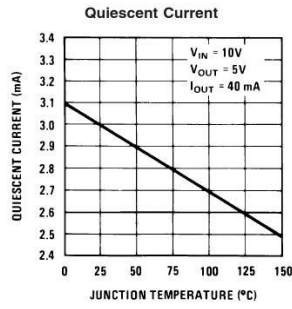
00774419

Quiescent Current



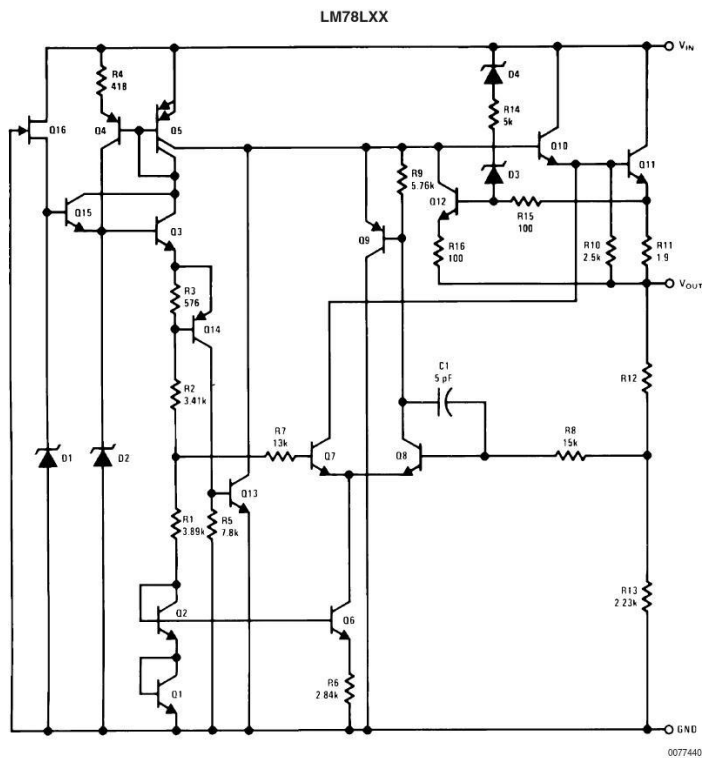
00774420

Typical Performance Characteristics (Continued)



00774421

Equivalent Circuit



00774407

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 : DADASHEET 74HC154 LINE DECODER

Philips Semiconductors

Product specification

### 4-to-16 line decoder/demultiplexer

74HC/HCT154

#### FEATURES

- 16-line demultiplexing capability
- Decodes 4 binary-coded inputs into one of 16 mutually exclusive outputs
- 2-input enable gate for strobing or expansion
- Output capability: standard
- $I_{CC}$  category: MSI

#### GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT154 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT154 decoders accept four active HIGH binary address inputs and provide 16 mutually exclusive active LOW outputs.

The 2-input enable gate can be used to strobe the decoder to eliminate the normal decoding "glitches" on the outputs, or it can be used for the expansion of the decoder.

The enable gate has two AND'ed inputs which must be LOW to enable the outputs.

The "154" can be used as a 1-to-16 demultiplexer by using one of the enable inputs as the multiplexed data input.

When the other enable is LOW, the addressed output will follow the state of the applied data.

#### QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V;  $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $t_r = t_f = 6\text{ ns}$

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
$t_{PHL}$ , $t_{PLH}$	propagation delay $A_n$ , $\bar{E}_n$ to $\bar{Y}_n$	$C_L = 15\text{ pF}$ ; $V_{CC} = 5\text{ V}$	11	13	ns
$C_i$	input capacitance		3.5	3.5	pF
$C_{PD}$	power dissipation capacitance per package	notes 1 and 2	60	60	pF

#### Notes

1.  $C_{PD}$  is used to determine the dynamic power dissipation ( $P_D$  in W):

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o) \text{ where:}$$

$f_i$  = input frequency in MHz

$f_o$  = output frequency in MHz

$\sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$  = sum of outputs

$C_L$  = output load capacitance in pF

$V_{CC}$  = supply voltage in V

2. For HC the condition is  $V_i = \text{GND to } V_{CC}$   
For HCT the condition is  $V_i = \text{GND to } V_{CC} - 1.5\text{ V}$

#### ORDERING INFORMATION

See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information".

4-to-16 line decoder/demultiplexer

74HC/HCT154

PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17	$\bar{Y}_0$ to $\bar{Y}_{15}$	outputs (active LOW)
18, 19	$\bar{E}_0, \bar{E}_1$	enable inputs (active LOW)
12	GND	ground (0 V)
23, 22, 21, 20	$A_0$ to $A_3$	address inputs
24	$V_{CC}$	positive supply voltage

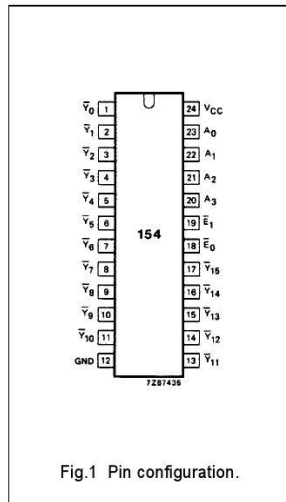


Fig.1 Pin configuration.

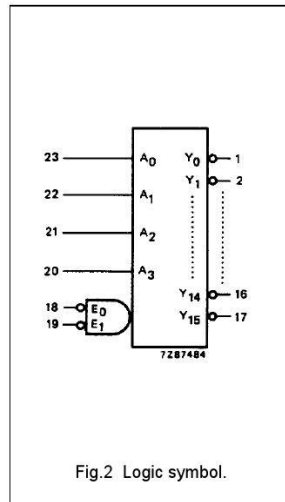


Fig.2 Logic symbol.

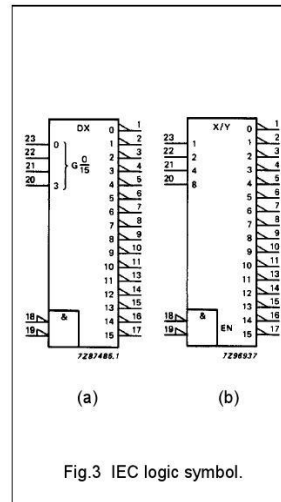


Fig.3 IEC logic symbol.

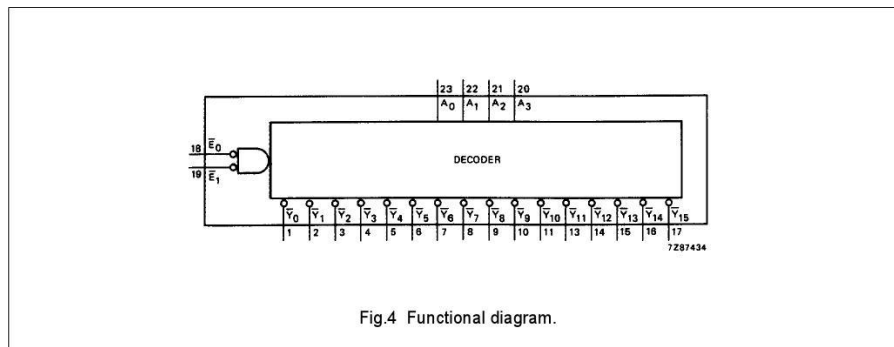


Fig.4 Functional diagram.

4-to-16 line decoder/demultiplexer

74HC/HCT154

FUNCTION TABLE

		INPUTS				OUTPUTS																
$\bar{E}_0$	$\bar{E}_1$	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	$\bar{Y}_0$	$\bar{Y}_1$	$\bar{Y}_2$	$\bar{Y}_3$	$\bar{Y}_4$	$\bar{Y}_5$	$\bar{Y}_6$	$\bar{Y}_7$	$\bar{Y}_8$	$\bar{Y}_9$	$\bar{Y}_{10}$	$\bar{Y}_{11}$	$\bar{Y}_{12}$	$\bar{Y}_{13}$	$\bar{Y}_{14}$	$\bar{Y}_{15}$	
H	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H
L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H
L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H
L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H
L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L

Note

- 1. H = HIGH voltage level
- L = LOW voltage level
- X = don't care

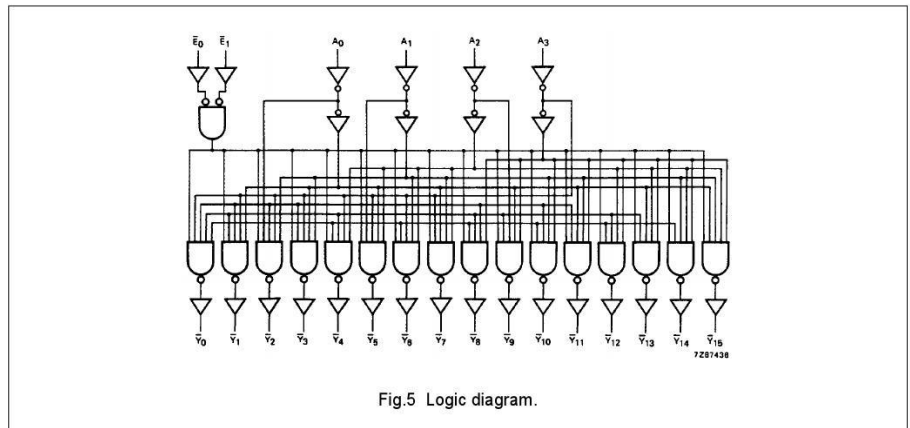


Fig.5 Logic diagram.



## 4-to-16 line decoder/demultiplexer

## 74HC/HCT154

**DC CHARACTERISTICS FOR 74HC**For the DC characteristics see *"74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications"*.

Output capability: standard

 $I_{CC}$  category: MSI**AC CHARACTERISTICS FOR 74HC**GND = 0 V;  $t_r = t_f = 6$  ns;  $C_L = 50$  pF

SYMBOL	PARAMETER	$T_{amb}$ (°C)						UNIT	TEST CONDITIONS		
		74HC							$V_{CC}$ (V)	WAVEFORMS	
		+25			-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.				max.
$t_{PHL}/t_{PLH}$	propagation delay $A_n$ to $\bar{Y}_n$		36 13 10	150 30 26		190 38 33		225 45 38	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.6
$t_{PHL}/t_{PLH}$	propagation delay $\bar{E}_n$ to $\bar{Y}_n$		39 14 11	150 30 26		190 38 33		225 45 38	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7
$t_{THL}/t_{TLH}$	output transition time		19 7 6	75 15 13		95 19 16		110 22 19	ns	2.0 4.5 6.0	Figs 6 and 7

## 4-to-16 line decoder/demultiplexer

74HC/HCT154

**DC CHARACTERISTICS FOR 74HCT**For the DC characteristics see *"74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications"*.

Output capability: standard

 $I_{CC}$  category: MSI**Note to HCT types**

The value of additional quiescent supply current ( $I_{CC}$ ) for a unit load of 1 is given in the family specifications. To determine  $I_{CC}$  per input, multiply this value by the unit load coefficient shown in the table below.

INPUT	UNIT LOAD COEFFICIENT
$A_n$	1.0
$E_n$	1.0

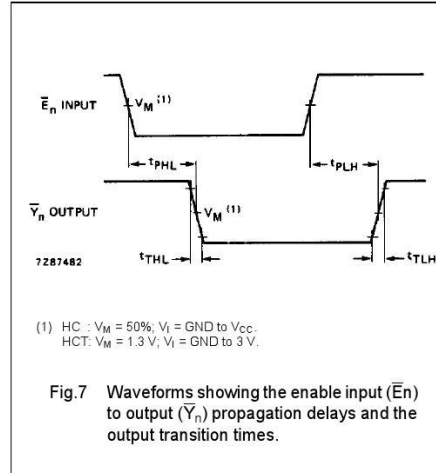
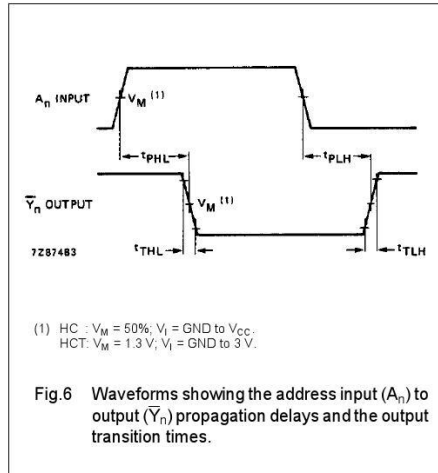
**AC CHARACTERISTICS FOR 74HCT**GND = 0 V;  $t_r = t_f = 6$  ns;  $C_L = 50$  pF

SYMBOL	PARAMETER	$T_{amb}$ (°C)						UNIT	TEST CONDITIONS		
		74HCT							$V_{CC}$ (V)	WAVEFORMS	
		+25			-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.				max.
$t_{PHL}/t_{PLH}$	propagation delay $A_n$ to $\bar{Y}_n$		16	35		44		53	ns	4.5	Fig.6
$t_{PHL}/t_{PLH}$	propagation delay $E_n$ to $\bar{Y}_n$		15	32		40		48	ns	4.5	Fig.7
$t_{THL}/t_{TLH}$	output transition time		7	15		19		22	ns	4.5	Figs 6 and 7

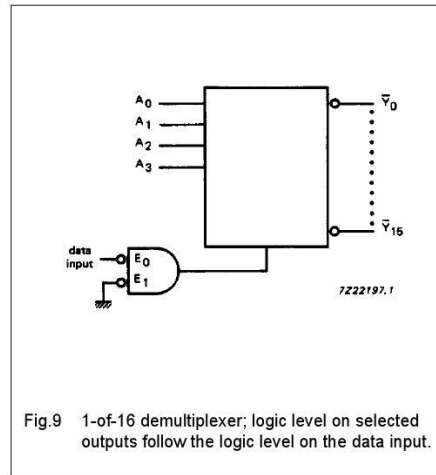
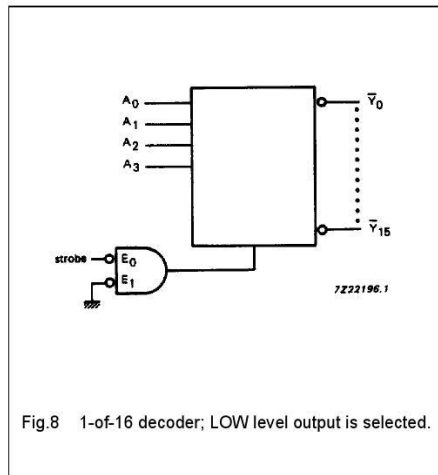
4-to-16 line decoder/demultiplexer

74HC/HCT154

AC WAVEFORMS



APPLICATION INFORMATION



PACKAGE OUTLINES

See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines".

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5 : DATASHEET LM324

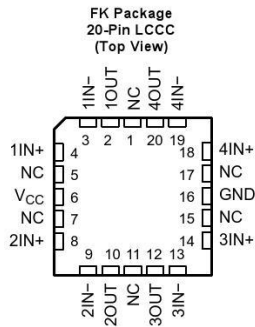


www.ti.com

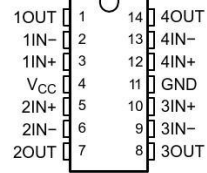
LM224K, LM224KA, LM324, LM324A, LM324K, LM324KA, LM2902  
LM124, LM124A, LM224, LM224A, LM2902V, LM2902K, LM2902KV, LM2902KAV

SLOS066W – SEPTEMBER 1975 – REVISED MARCH 2015

### 5 Pin Configuration and Functions



D, DB, J, N, NS, PW, W  
14-Pin SOIC, SSOP, CDIP, PDIP, SO, TSSOP, CFP  
(Top View)



#### Pin Functions

NAME	PIN		I/O	DESCRIPTION
	LCCC NO.	SOIC, SSOP, CDIP, PDIP, SO, TSSOP, CFP NO.		
1IN-	3	2	I	Negative input
1IN+	4	3	I	Positive input
1OUT	2	1	O	Output
2IN-	9	6	I	Negative input
2IN+	8	5	I	Positive input
2OUT	10	7	O	Output
3IN-	13	9	I	Negative input
3IN+	14	10	I	Positive input
3OUT	12	8	O	Output
4IN-	19	13	I	Negative input
4IN+	18	12	I	Positive input
4OUT	20	14	O	Output
GND	16	11	—	Ground
NC	1	—	—	Do not connect.
	5			
	7			
	11			
	15			
V <sub>CC</sub>	6	4	—	Power supply
	17			

### 6.4 Thermal Information

THERMAL METRIC (1)	LMx24, LM2902					LMx24			UNIT
	D (SOIC)	DB (SSOP)	N (PDIP)	NS (SO)	PW (TSSOP)	FK (LCCC)	J (CDIP)	W (CFP)	
	14 PINS	14 PINS	14 PINS	14 PINS	14 PINS	20 PINS	14 PINS	14 PINS	
$R_{\theta JA}^{(2)(3)}$ Junction-to-ambient thermal resistance	86	86	80	76	113	—	—	—	°C/W
$R_{\theta JC}^{(4)}$ Junction-to-case (top) thermal resistance	—	—	—	—	—	5.61	15.05	14.65	

- (1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *IC Package Thermal Metrics* application report, SPRA953.
- (2) Short circuits from outputs to VCC can cause excessive heating and eventual destruction.
- (3) Maximum power dissipation is a function of  $T_{J(max)}$ ,  $R_{\theta JA}$ , and  $T_A$ . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is  $P_D = (T_{J(max)} - T_A)/R_{\theta JA}$ . Operating at the absolute maximum  $T_J$  of 150°C can affect reliability.
- (4) Maximum power dissipation is a function of  $T_{J(max)}$ ,  $R_{\theta JA}$ , and  $T_C$ . The maximum allowable power dissipation at any allowable case temperature is  $P_D = (T_{J(max)} - T_C)/R_{\theta JC}$ . Operating at the absolute maximum  $T_J$  of 150°C can affect reliability.

### 6.5 Electrical Characteristics for LMx24 and LM324K

at specified free-air temperature,  $V_{CC} = 5\text{ V}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS(1)	$T_A^{(2)}$	LM124, LM224			LM324, LM324K			UNIT
			MIN	TYP(3)	MAX	MIN	TYP(3)	MAX	
$V_{IO}$ Input offset voltage	$V_{CC} = 5\text{ V to MAX}$ , $V_C = V_{CMmin}$ , $V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	3 5			3 7			mV
		Full range	7			9			
$I_{IO}$ Input offset current	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	2 30			2 50			nA
		Full range	100			150			
$I_B$ Input bias current	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	-20 -150			-20 -250			nA
		Full range	-300			-500			
$V_{CM}$ Common-mode input voltage range	$V_{CC} = 5\text{ V to MAX}$	25°C	0 to $V_{CC} - 1.5$			0 to $V_{CC} - 1.5$			V
		Full range	0 to $V_{CC} - 2$			0 to $V_{CC} - 2$			
$V_{OH}$ High-level output voltage	$R_L = 2\text{ k}\Omega$	25°C	$V_{CC} - 1.5$			$V_{CC} - 1.5$			V
	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C							
	$V_{CC} = \text{MAX}$	Full range	26			26			
$V_{OL}$ Low-level output voltage	$R_L = 2\text{ k}\Omega$	25°C	27 28			27 28			mV
	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	Full range	5 20			5 20			
$A_{VO}$ Large-signal differential voltage amplification	$V_{CC} = 15\text{ V}$ , $V_O = 1\text{ V to }11\text{ V}$ , $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	25°C	50 100			25 100			V/mV
		Full range	25			15			
CMRR Common-mode rejection ratio	$V_C = V_{CMmin}$	25°C	70 80			65 80			dB
$k_{SVR}$ Supply-voltage rejection ratio ( $\Delta V_{CC} / \Delta V_{IO}$ )		25°C	65 100			65 100			dB
$V_{O1} / V_{O2}$ Crosstalk attenuation	$f = 1\text{ kHz to }20\text{ kHz}$	25°C	120			120			dB
$I_O$ Output current	$V_{CC} = 15\text{ V}$ , $V_O = 1\text{ V}$ , $V_C = 0$	Source	25°C			-20 -30 -60			mA
			Full range			-10			
	Sink	25°C			10 20				
		Full range			5				
$V_O = -1\text{ V}$ , $V_C = 200\text{ mV}$	25°C	12 30			12 30				
$I_{OS}$ Short-circuit output current	$V_{CC} \text{ at } 5\text{ V}$ , $V_O = 0$ , GND at $-5\text{ V}$	25°C	$\pm 40$ $\pm 60$			$\pm 40$ $\pm 60$			mA
$I_{CC}$ Supply current (four amplifiers)	$V_O = 2.5\text{ V}$ , no load	Full range	0.7 1.2			0.7 1.2			mA
	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_O = 0.5 V_{CC}$ , no load	Full range	1.4 3			1.4 3			

- (1) All characteristics are measured under open-loop conditions, with zero common-mode input voltage, unless otherwise specified. MAX  $V_{CC}$  for testing purposes is 26 V for LM2902 and 30 V for the others.
- (2) Full range is  $-55^\circ\text{C}$  to  $125^\circ\text{C}$  for LM124,  $-25^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$  for LM224, and  $0^\circ\text{C}$  to  $70^\circ\text{C}$  for LM324.
- (3) All typical values are at  $T_A = 25^\circ\text{C}$

6.9 Typical Characteristics

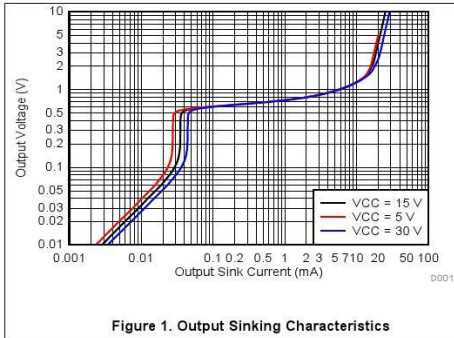


Figure 1. Output Sinking Characteristics

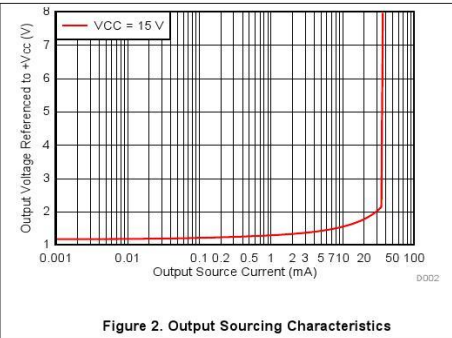


Figure 2. Output Sourcing Characteristics

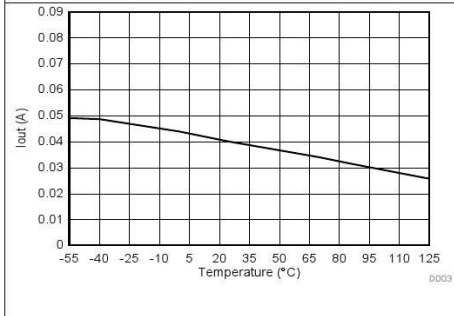


Figure 3. Source Current Limiting

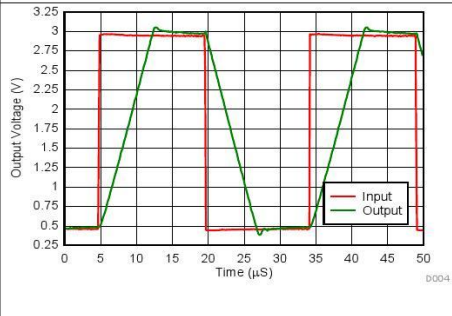


Figure 4. Voltage Follower Large Signal Response (50 pF)

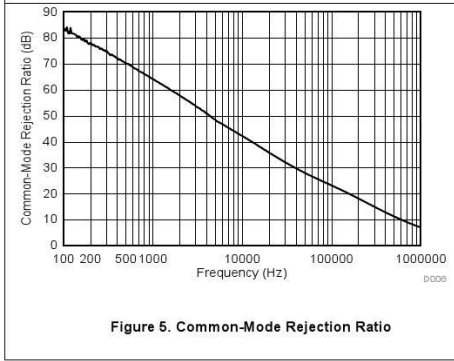


Figure 5. Common-Mode Rejection Ratio

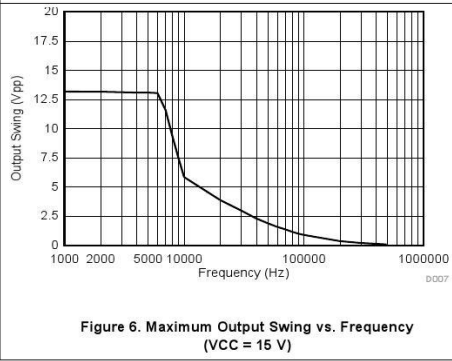


Figure 6. Maximum Output Swing vs. Frequency (VCC = 15 V)

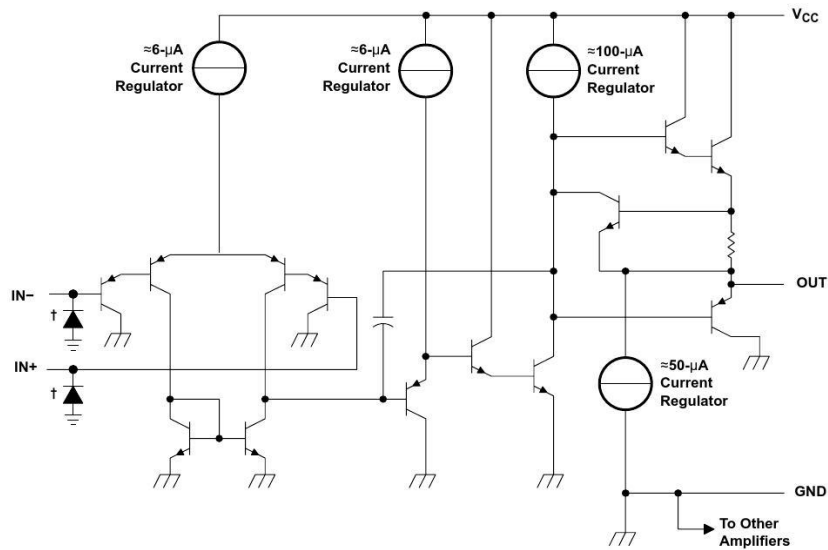
## 8 Detailed Description

### 8.1 Overview

These devices consist of four independent high-gain frequency-compensated operational amplifiers that are designed specifically to operate from a single supply over a wide range of voltages. Operation from split supplies also is possible if the difference between the two supplies is 3 V to 32 V (3 V to 26 V for the LM2902 device), and  $V_{CC}$  is at least 1.5 V more positive than the input common-mode voltage. The low supply-current drain is independent of the magnitude of the supply voltage.

Applications include transducer amplifiers, DC amplification blocks, and all the conventional operational-amplifier circuits that now can be more easily implemented in single-supply-voltage systems. For example, the LM124 device can be operated directly from the standard 5-V supply that is used in digital systems and provides the required interface electronics, without requiring additional  $\pm 15$ -V supplies.

### 8.2 Functional Block Diagram



COMPONENT COUNT (total device)	
Epi-FET	1
Transistors	95
Diodes	4
Resistors	11
Capacitors	4

† ESD protection cells - available on LM324K and LM324KA only

### 8.3 Feature Description

#### 8.3.1 Unity-Gain Bandwidth

Gain bandwidth product is found by multiplying the measured bandwidth of an amplifier by the gain at which that bandwidth was measured. These devices have a high gain bandwidth of 1.2 MHz.

#### 8.3.2 Slew Rate

The slew rate is the rate at which an operational amplifier can change its output when there is a change on the input. These devices have a 0.5-V/ $\mu$ s slew rate.

#### 8.3.3 Input Common Mode Range

The valid common mode range is from device ground to  $V_{CC} - 1.5$  V ( $V_{CC} - 2$  V across temperature). Inputs may exceed  $V_{CC}$  up to the maximum  $V_{CC}$  without device damage. At least one input must be in the valid input common mode range for output to be correct phase. If both inputs exceed valid range then output phase is undefined. If either input is less than  $-0.3$  V then input current should be limited to 1 mA and output phase is undefined.

### 8.4 Device Functional Modes

These devices are powered on when the supply is connected. This device can be operated as a single supply operational amplifier or dual supply amplifier depending on the application.



## 9 Application and Implementation

### NOTE

Information in the following applications sections is not part of the TI component specification, and TI does not warrant its accuracy or completeness. TI's customers are responsible for determining suitability of components for their purposes. Customers should validate and test their design implementation to confirm system functionality.

### 9.1 Application Information

The LMx24 and LM2902 operational amplifiers are useful in a wide range of signal conditioning applications. Inputs can be powered before VCC for flexibility in multiple supply circuits.

### 9.2 Typical Application

A typical application for an operational amplifier in an inverting amplifier. This amplifier takes a positive voltage on the input, and makes it a negative voltage of the same magnitude. In the same manner, it also makes negative voltages positive.

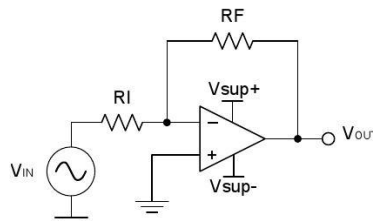


Figure 9. Application Schematic

#### 9.2.1 Design Requirements

The supply voltage must be chosen such that it is larger than the input voltage range and output range. For instance, this application will scale a signal of  $\pm 0.5$  V to  $\pm 1.8$  V. Setting the supply at  $\pm 12$  V is sufficient to accommodate this application.

#### 9.2.2 Detailed Design Procedure

Determine the gain required by the inverting amplifier using Equation 1 and Equation 2:

$$A_v = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \quad (1)$$

$$A_v = \frac{1.8}{-0.5} = -3.6 \quad (2)$$

Once the desired gain is determined, choose a value for  $R_I$  or  $R_F$ . Choosing a value in the kilohm range is desirable because the amplifier circuit will use currents in the milliamp range. This ensures the part will not draw too much current. This example will choose 10 k $\Omega$  for  $R_I$  which means 36 k $\Omega$  will be used for  $R_F$ . This was determined by Equation 3.

$$A_v = -\frac{R_F}{R_I} \quad (3)$$

## Typical Application (continued)

### 9.2.3 Application Curve

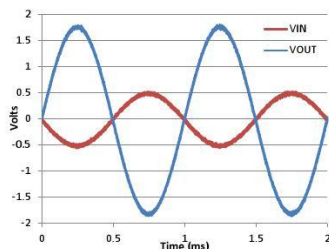


Figure 10. Input and Output Voltages of the Inverting Amplifier

## 10 Power Supply Recommendations

### CAUTION

Supply voltages larger than 32 V for a single supply, or outside the range of  $\pm 16$  V for a dual supply can permanently damage the device (see the [Absolute Maximum Ratings](#)).

Place 0.1- $\mu$ F bypass capacitors close to the power-supply pins to reduce errors coupling in from noisy or high impedance power supplies. For more detailed information on bypass capacitor placement, refer to the [Layout](#).

## 11 Layout

### 11.1 Layout Guidelines

For best operational performance of the device, use good PCB layout practices, including:

- Noise can propagate into analog circuitry through the power pins of the circuit as a whole, as well as the operational amplifier. Bypass capacitors are used to reduce the coupled noise by providing low impedance power sources local to the analog circuitry.
  - Connect low-ESR, 0.1- $\mu$ F ceramic bypass capacitors between each supply pin and ground, placed as close to the device as possible. A single bypass capacitor from V+ to ground is applicable for single supply applications.
- Separate grounding for analog and digital portions of circuitry is one of the simplest and most-effective methods of noise suppression. One or more layers on multilayer PCBs are usually devoted to ground planes. A ground plane helps distribute heat and reduces EMI noise pickup. Make sure to physically separate digital and analog grounds, paying attention to the flow of the ground current.
- To reduce parasitic coupling, run the input traces as far away from the supply or output traces as possible. If it is not possible to keep them separate, it is much better to cross the sensitive trace perpendicular as opposed to in parallel with the noisy trace.
- Place the external components as close to the device as possible. Keeping RF and RG close to the inverting input minimizes parasitic capacitance, as shown in [Layout Examples](#).
- Keep the length of input traces as short as possible. Always remember that the input traces are the most sensitive part of the circuit.
- Consider a driven, low-impedance guard ring around the critical traces. A guard ring can significantly reduce leakage currents from nearby traces that are at different potentials.

11.2 Layout Examples

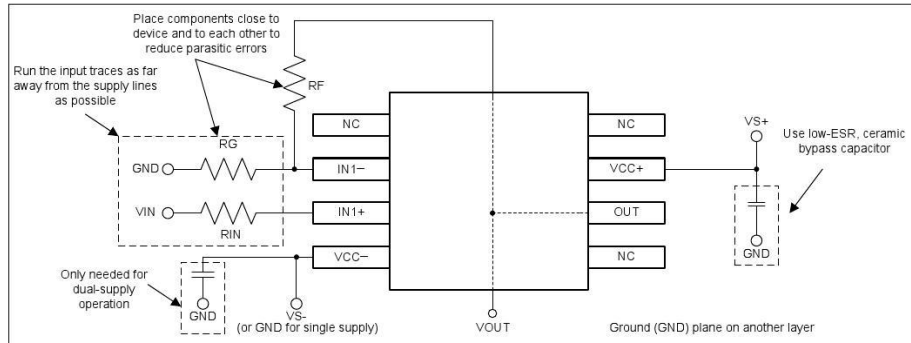


Figure 11. Operational Amplifier Board Layout for Noninverting Configuration

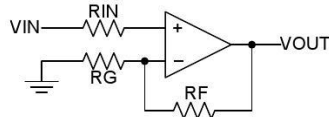


Figure 12. Operational Amplifier Schematic for Noninverting Configuration



# CD4518BMS, CD4520BMS

December 1992

CMOS Dual Up Counters

### Features

- High Voltage Types (20V Rating)
- CD4518BMS Dual BCD Up Counter
- CD4520BMS Dual Binary Up Counter
- Medium Speed Operation
  - 6MHz Typical Clock Frequency at 10V
- Positive or Negative Edge Triggering
- Synchronous Internal Carry Propagation
- 100% Tested for Quiescent Current at 20V
- 5V, 10V and 15V Parametric Ratings
- Maximum Input Current of 1 A at 18V Over Full Package Temperature Range; 100nA at 18V and +25°C
- Noise Margin (Over Full Package/Temperature Range)
  - 1V at VDD = 5V
  - 2V at VDD = 10V
  - 2.5V at VDD = 15V
- Standardized Symmetrical Output Characteristics
- Meets All Requirements of JEDEC Tentative Standard No. 13B, "Standard Specifications for Description of 'B' Series CMOS Devices"

### Applications

- Multistage Synchronous Counting
- Multistage Ripple Counting
- Frequency Dividers

### Description

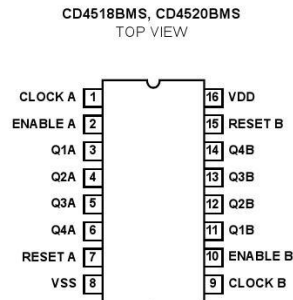
CD4518BMS Dual BCD Up Counter and CD4520BMS Dual Binary Up Counter each consist of two identical, internally synchronous 4-stage counters. The counter stages are D-type flip-flops having interchangeable CLOCK and ENABLE lines for incrementing on either the positive-going or negative-going transition. For single unit operation the ENABLE input is maintained high and the counter advances on each positive-going transition of the CLOCK. The counters are cleared by high levels on their RESET lines.

The counter can be cascaded in the ripple mode by connecting Q4 to the enable input of the subsequent counter while the CLOCK input of the latter is held low.

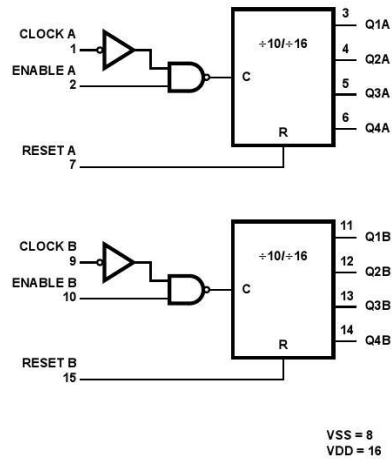
The CD4518BMS and CD4520BMS are supplied in these 16-lead outline packages:

Braze Seal DIP	H4S
Frit Seal DIP	H1F
Ceramic Flatpack	*H6P †H6W
*CD4518B Only	†CD4520B Only

### Pinout



### Functional Diagram



VSS = 8  
VDD = 16

CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge; follow proper IC Handling Procedures.  
1-888-INTERSIL or 321-724-7143 | Copyright © Intersil Corporation 1999

File Number 3342

7-1206

**Specifications CD4518BMS, CD4520BMS**

**Absolute Maximum Ratings**

DC Supply Voltage Range, (VDD)	-0.5V to +20V
(Voltage Referenced to VSS Terminals)	
Input Voltage Range, All Inputs	-0.5V to VDD +0.5V
DC Input Current, Any One Input	±10mA
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C
Package Types D, F, K, H	
Storage Temperature Range (TSTG)	-65°C to +150°C
Lead Temperature (During Soldering)	+265°C
At Distance 1/16 ± 1/32 Inch (1.59mm ± 0.79mm) from case for 10s Maximum	

**Reliability Information**

Thermal Resistance	$\theta_{ja}$	$\theta_{jc}$
Ceramic DIP and FRIT Package	80°C/W	20°C/W
Flatpack Package	70°C/W	20°C/W
Maximum Package Power Dissipation (PD) at +125°C		
For $T_A = -55^\circ\text{C}$ to $+100^\circ\text{C}$ (Package Type D, F, K)	500mW	
For $T_A = +100^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$ (Package Type D, F, K)	Derate	
Linearity at 12mW/°C to 200mW		
Device Dissipation per Output Transistor	100mW	
For $T_A =$ Full Package Temperature Range (All Package Types)		
Junction Temperature	+175°C	

**TABLE 1. DC ELECTRICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS**

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS (NOTE 1)	GROUP A SUBGROUPS	TEMPERATURE	LIMITS		UNITS	
					MIN	MAX		
Supply Current	IDD	VDD = 20V, VIN = VDD or GND	1	+25°C	-	10	A	
			2	+125°C	-	1000	A	
			3	-55°C	-	10	A	
Input Leakage Current	IIL	VIN = VDD or GND	VDD = 20	1	+25°C	-100	-	nA
				2	+125°C	-1000	-	nA
				3	-55°C	-100	-	nA
Input Leakage Current	IIH	VIN = VDD or GND	VDD = 20	1	+25°C	-	100	nA
				2	+125°C	-	1000	nA
				3	-55°C	-	100	nA
Output Voltage	VOL15	VDD = 15V, No Load	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	-	50	mV	
Output Voltage	VOH15	VDD = 15V, No Load (Note 3)	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	14.95	-	V	
Output Current (Sink)	IOL5	VDD = 5V, VOUT = 0.4V	1	+25°C	0.53	-	mA	
Output Current (Sink)	IOL10	VDD = 10V, VOUT = 0.5V	1	+25°C	1.4	-	mA	
Output Current (Sink)	IOL15	VDD = 15V, VOUT = 1.5V	1	+25°C	3.5	-	mA	
Output Current (Source)	IOH5A	VDD = 5V, VOUT = 4.6V	1	+25°C	-	-0.53	mA	
Output Current (Source)	IOH5B	VDD = 5V, VOUT = 2.5V	1	+25°C	-	-1.8	mA	
Output Current (Source)	IOH10	VDD = 10V, VOUT = 9.5V	1	+25°C	-	-1.4	mA	
Output Current (Source)	IOH15	VDD = 15V, VOUT = 13.5V	1	+25°C	-	-3.5	mA	
N Threshold Voltage	VNTH	VDD = 10V, ISS = -10 A	1	+25°C	-2.8	-0.7	V	
P Threshold Voltage	VPTH	VSS = 0V, IDD = 10 A	1	+25°C	0.7	2.8	V	
Functional	F	VDD = 2.8V, VIN = VDD or GND	7	+25°C	VOH > VDD/2	VOL < VDD/2	V	
		VDD = 20V, VIN = VDD or GND	7	+25°C				
		VDD = 18V, VIN = VDD or GND	8A	+125°C				
		VDD = 3V, VIN = VDD or GND	8B	-55°C				
Input Voltage Low (Note 2)	VIL	VDD = 5V, VOH > 4.5V, VOL < 0.5V	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	-	1.5	V	
Input Voltage High (Note 2)	VIH	VDD = 5V, VOH > 4.5V, VOL < 0.5V	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	3.5	-	V	
Input Voltage Low (Note 2)	VIL	VDD = 15V, VOH > 13.5V, VOL < 1.5V	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	-	4	V	
Input Voltage High (Note 2)	VIH	VDD = 15V, VOH > 13.5V, VOL < 1.5V	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	11	-	V	

NOTES: 1. All voltages referenced to device GND, 100% testing being implemented. 3. For accuracy, voltage is measured differentially to VDD. Limit is 0.050V max.  
 2. Go/No Go test with limits applied to inputs.

**Specifications CD4518BMS, CD4520BMS**

**TABLE 2. AC ELECTRICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS**

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS (NOTE 1, 2)	GROUP A SUBGROUPS	TEMPERATURE	LIMITS		UNITS
					MIN	MAX	
Propagation Delay Clock to Output	TPHL1 TPLH1	VDD = 5V, VIN = VDD or GND	9	+25°C	-	560	ns
			10, 11	+125°C, -55°C	-	756	ns
Propagation Delay Reset to Output	TPHL2	VDD = 5V, VIN = VDD or GND	9	+25°C	-	650	ns
			10, 11	+125°C, -55°C	-	878	ns
Transition Time (Note 2)	TTHL TTLH	VDD = 5V, VIN = VDD or GND	9	+25°C	-	200	ns
			10, 11	+125°C, -55°C	-	270	ns
Maximum Clock Input Frequency	FCL	VDD = 5V, VIN = VDD or GND	9	+25°C	1.5	-	MHz
			10, 11	+125°C, -55°C	1.11	-	MHz

NOTES:

1. CL = 50pF, RL = 200K, Input TR, TF < 20ns.
2. -55°C and +125°C limits guaranteed, 100% testing being implemented.

**TABLE 3. ELECTRICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS**

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	NOTES	TEMPERATURE	LIMITS		UNITS
					MIN	MAX	
Supply Current	IDD	VDD = 5V, VIN = VDD or GND	1, 2	-55°C, +25°C	-	5	A
				+125°C	-	150	A
		VDD = 10V, VIN = VDD or GND	1, 2	-55°C, +25°C	-	10	A
				+125°C	-	300	A
		VDD = 15V, VIN = VDD or GND	1, 2	-55°C, +25°C	-	10	A
				+125°C	-	600	A
Output Voltage	VOL	VDD = 5V, No Load	1, 2	+25°C, +125°C, -55°C	-	50	mV
Output Voltage	VOL	VDD = 10V, No Load	1, 2	+25°C, +125°C, -55°C	-	50	mV
Output Voltage	VOH	VDD = 5V, No Load	1, 2	+25°C, +125°C, -55°C	4.95	-	V
Output Voltage	VOH	VDD = 10V, No Load	1, 2	+25°C, +125°C, -55°C	9.95	-	V
Output Current (Sink)	IOL5	VDD = 5V, VOUT = 0.4V	1, 2	+125°C	0.36	-	mA
				-55°C	0.64	-	mA
Output Current (Sink)	IOL10	VDD = 10V, VOUT = 0.5V	1, 2	+125°C	0.9	-	mA
				-55°C	1.6	-	mA
Output Current (Sink)	IOL15	VDD = 15V, VOUT = 1.5V	1, 2	+125°C	2.4	-	mA
				-55°C	4.2	-	mA
Output Current (Source)	IOH5A	VDD = 5V, VOUT = 4.6V	1, 2	+125°C	-	-0.36	mA
				-55°C	-	-0.64	mA
Output Current (Source)	IOH5B	VDD = 5V, VOUT = 2.5V	1, 2	+125°C	-	-1.15	mA
				-55°C	-	-2.0	mA
Output Current (Source)	IOH10	VDD = 10V, VOUT = 9.5V	1, 2	+125°C	-	-0.9	mA
				-55°C	-	-1.6	mA
Output Current (Source)	IOH15	VDD = 15V, VOUT = 13.5V	1, 2	+125°C	-	-2.4	mA
				-55°C	-	-4.2	mA
Input Voltage Low	VIL	VDD = 10V, VOH > 9V, VOL < 1V	1, 2	+25°C, +125°C, -55°C	-	3	V
Input Voltage High	VIH	VDD = 10V, VOH > 9V, VOL < 1V	1, 2	+25°C, +125°C, -55°C	+7	-	V

**Specifications CD4518BMS, CD4520BMS**

**TABLE 3. ELECTRICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Continued)**

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	NOTES	TEMPERATURE	LIMITS		UNITS
					MIN	MAX	
Propagation Delay Clock to Output	TPHL1 TPLH1	VDD = 10V	1, 2, 3	+25°C	-	230	ns
		VDD = 15V	1, 2, 3	+25°C	-	160	ns
Propagation Delay Reset to Output	TPHL2	VDD = 10V	1, 2, 3	+25°C	-	225	ns
		VDD = 15V	1, 2, 3	+25°C	-	170	ns
Transition Time	TTHL TTLH	VDD = 10V	1, 2, 3	+25°C	-	100	ns
		VDD = 15V	1, 2, 3	+25°C	-	80	ns
Maximum Clock Input Frequency	FCL	VDD = 10V	1, 2, 3	+25°C	3	-	MHz
		VDD = 15V	1, 2, 3	+25°C	4	-	MHz
Maximum Clock Rise and Fall Time	TRCL TFCL	VDD = 5V	1, 2, 3, 4	+25°C	-	15	s
		VDD = 10V	1, 2, 3, 4	+25°C	-	5	s
		VDD = 15V	1, 2, 3, 4	+25°C	-	5	s
Minimum Enable Pulse Width	TW	VDD = 5V	1, 2, 3	+25°C	-	400	ns
		VDD = 10V	1, 2, 3	+25°C	-	200	ns
		VDD = 15V	1, 2, 3	+25°C	-	140	ns
Minimum Reset Pulse Width	TW	VDD = 5V	1, 2, 3	+25°C	-	250	ns
		VDD = 10V	1, 2, 3	+25°C	-	110	ns
		VDD = 15V	1, 2, 3	+25°C	-	80	ns
Minimum Clock Pulse Width	TW	VDD = 5V	1, 2, 3	+25°C	-	200	ns
		VDD = 10V	1, 2, 3	+25°C	-	100	ns
		VDD = 15V	1, 2, 3	+25°C	-	70	ns
Input Capacitance	CIN	Any Input	1, 2	+25°C	-	7.5	pF

NOTES:

- All voltages referenced to device GND.
- The parameters listed on Table 3 are controlled via design or process and are not directly tested. These parameters are characterized on initial design release and upon design changes which would affect these characteristics.
- CL = 50pF, RL = 200k, Input TR, TF < 20ns.
- If more than one unit is cascaded, TRCL should be made less than or equal to the sum of the transition time and the fixed propagation delay of the output of the driving stage for the estimated capacitive load.

**TABLE 4. POST IRRADIATION ELECTRICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS**

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	NOTES	TEMPERATURE	LIMITS		UNITS
					MIN	MAX	
Supply Current	IDD	VDD = 20V, VIN = VDD or GND	1, 4	+25°C	-	25	A
N Threshold Voltage	VNTH	VDD = 10V, ISS = -10 A	1, 4	+25°C	-2.8	-0.2	V
N Threshold Voltage Delta	VTN	VDD = 10V, ISS = -10 A	1, 4	+25°C	-	±1	V
P Threshold Voltage	VTP	VSS = 0V, IDD = 10 A	1, 4	+25°C	0.2	2.8	V
P Threshold Voltage Delta	VTP	VSS = 0V, IDD = 10 A	1, 4	+25°C	-	±1	V
Functional	F	VDD = 18V, VIN = VDD or GND VDD = 3V, VIN = VDD or GND	1	+25°C	VOH > VDD/2	VOL < VDD/2	V
Propagation Delay Time	TPHL TPLH	VDD = 5V	1, 2, 3, 4	+25°C	-	1.35 x +25°C Limit	ns

- NOTES: 1. All voltages referenced to device GND. 2. CL = 50pF, RL = 200k, Input TR, TF < 20ns. 3. See Table 2 for +25°C limit. 4. Read and Record

**Specifications CD4518BMS, CD4520BMS**

**TABLE 5. BURN-IN AND LIFE TEST DELTA PARAMETERS +25°C**

PARAMETER	SYMBOL	DELTA LIMIT
Supply Current - MSI-2	IDD	± 1.0 A
Output Current (Sink)	IOL5	± 20% x Pre-Test Reading
Output Current (Source)	IOH5A	± 20% x Pre-Test Reading

**TABLE 6. APPLICABLE SUBGROUPS**

CONFORMANCE GROUP		MIL-STD-883 METHOD	GROUP A SUBGROUPS	READ AND RECORD
Initial Test (Pre Burn-In)		100% 5004	1, 7, 9	IDD, IOL5, IOH5A
Interim Test 1 (Post Burn-In)		100% 5004	1, 7, 9	IDD, IOL5, IOH5A
Interim Test 2 (Post Burn-In)		100% 5004	1, 7, 9	IDD, IOL5, IOH5A
PDA (Note 1)		100% 5004	1, 7, 9, Deltas	
Interim Test 3 (Post Burn-In)		100% 5004	1, 7, 9	IDD, IOL5, IOH5A
PDA (Note 1)		100% 5004	1, 7, 9, Deltas	
Final Test		100% 5004	2, 3, 8A, 8B, 10, 11	
Group A		Sample 5005	1, 2, 3, 7, 8A, 8B, 9, 10, 11	
Group B	Subgroup B-5	Sample 5005	1, 2, 3, 7, 8A, 8B, 9, 10, 11, Deltas	Subgroups 1, 2, 3, 9, 10, 11
	Subgroup B-6	Sample 5005	1, 7, 9	
Group D		Sample 5005	1, 2, 3, 8A, 8B, 9	Subgroups 1, 2, 3

NOTE: 1. 5% Parametric, 3% Functional; Cumulative for Static 1 and 2.

**TABLE 7. TOTAL DOSE IRRADIATION**

CONFORMANCE GROUPS	MIL-STD-883 METHOD	TEST		READ AND RECORD	
		PRE-IRRAD	POST-IRRAD	PRE-IRRAD	POST-IRRAD
Group E Subgroup 2	5005	1, 7, 9	Table 4	1, 9	Table 4

**TABLE 8. BURN-IN AND IRRADIATION TEST CONNECTIONS**

FUNCTION	OPEN	GROUND	VDD	9V ± 0.5V	OSCILLATOR	
					50kHz	25kHz
Static Burn-In 1 Note 1	3-6, 11-14	1, 2, 7-10, 15	16			
Static Burn-In 2 Note 1	3-6, 11-14	8	1, 2, 7, 9, 10, 15, 16			
Dynamic Burn-In Note 1	-	7, 8, 15	2, 10, 16	3-6, 11-14	1, 9	
Irradiation Note 2	3-6, 11-14	8	1, 2, 7, 9, 10, 15, 16			

NOTES:

- Each pin except VDD and GND will have a series resistor of 10K ± 5%, VDD = 18V ± 0.5V
- Each pin except VDD and GND will have a series resistor of 47K ± 5%; Group E, Subgroup 2, sample size is 4 dice/wafer, 0 failures, VDD = 10V ± 0.5V



CD4518BMS, CD4520BMS

Logic Diagrams

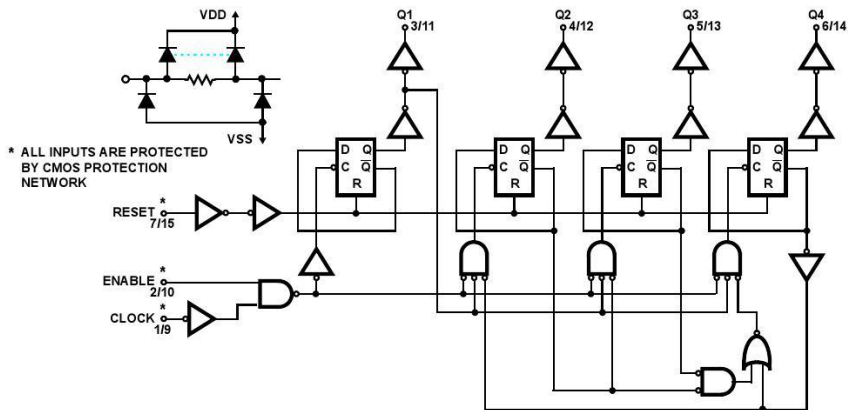


FIGURE 1. DECADE COUNTER (CD4518BMS) LOGIC DIAGRAM FOR ONE OF TWO IDENTICAL COUNTERS

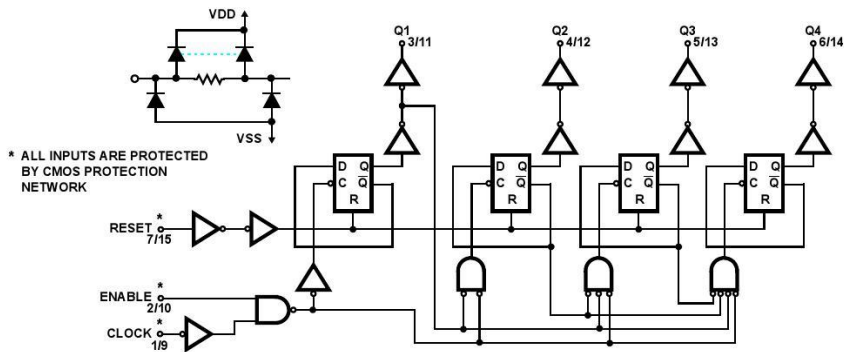


FIGURE 2. BINARY COUNTER (CD4520BMS) LOGIC DIAGRAM FOR ONE OF TWO IDENTICAL COUNTERS

TRUTH TABLE

CLOCK	ENABLE	RESET	ACTION
	1	0	Increment Counter
0		0	Increment Counter
	X	0	No Change
X		0	No Change
	0	0	No Change
1		0	No Change
X	X	1	Q1 thru Q4 = 0

X = Don't Care 1 = High State 0 = Low State

Typical Performance Curves

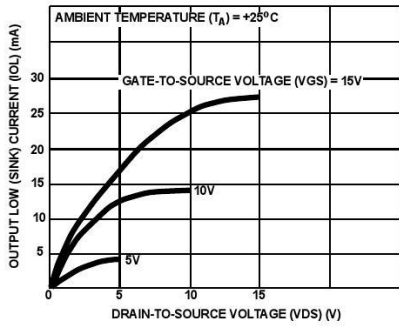


FIGURE 3. TYPICAL OUTPUT LOW (SINK) CURRENT CHARACTERISTICS

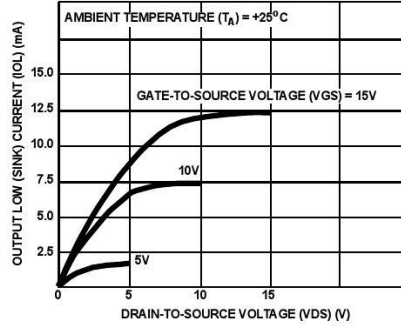


FIGURE 4. MINIMUM OUTPUT LOW (SINK) CURRENT CHARACTERISTICS

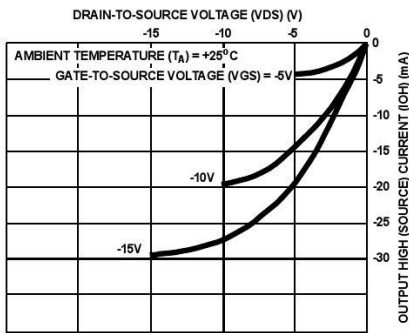


FIGURE 5. TYPICAL OUTPUT HIGH (SOURCE) CURRENT CHARACTERISTICS

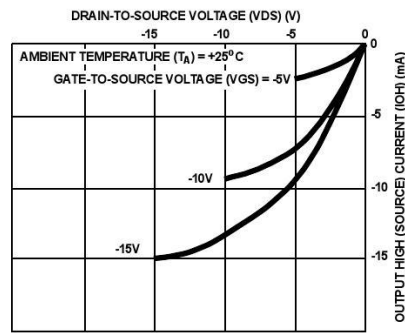


FIGURE 6. MINIMUM OUTPUT HIGH (SOURCE) CURRENT CHARACTERISTICS

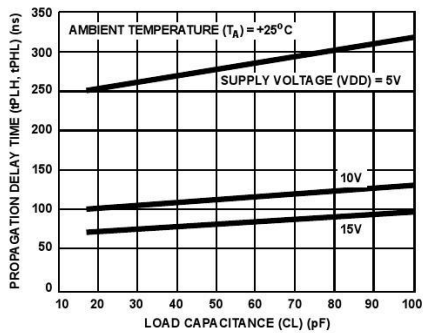


FIGURE 7. TYPICAL PROPAGATION DELAY vs LOAD CAPACITANCE, CLOCK OR ENABLE TO OUTPUT

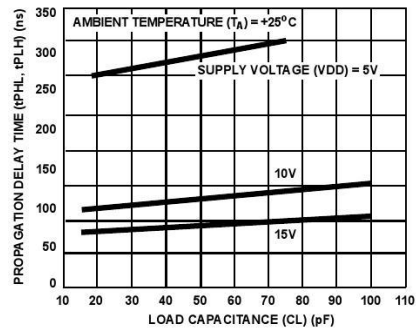


FIGURE 8. TYPICAL PROPAGATION DELAY TIME vs LOAD CAPACITANCE, RESET TO OUTPUT

CD4518BMS, CD4520BMS

Typical Performance Curves

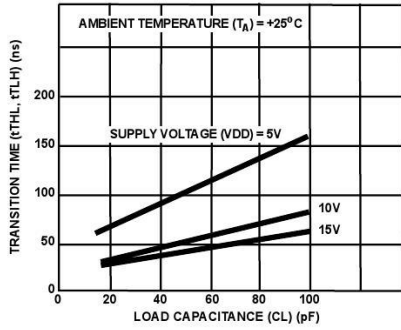


FIGURE 9. TYPICAL TRANSITION TIME vs LOAD CAPACITANCE

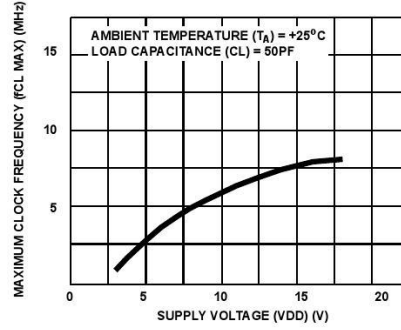


FIGURE 10. TYPICAL MAXIMUM CLOCK FREQUENCY vs SUPPLY VOLTAGE

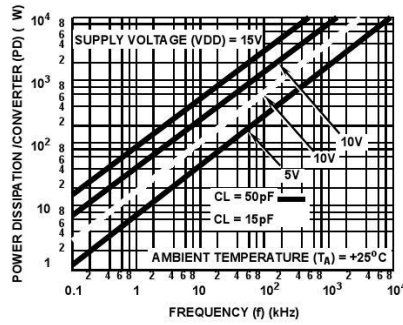


FIGURE 11. TYPICAL POWER DISSIPATION CHARACTERISTICS

Timing Diagrams

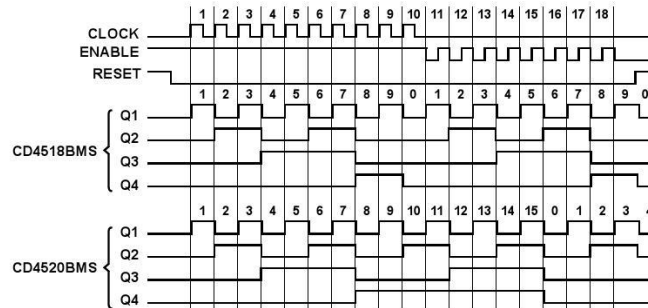


FIGURE 12. TIMING DIAGRAMS FOR CD4518BMS AND CD4520BMS

CD4518BMS, CD4520BMS

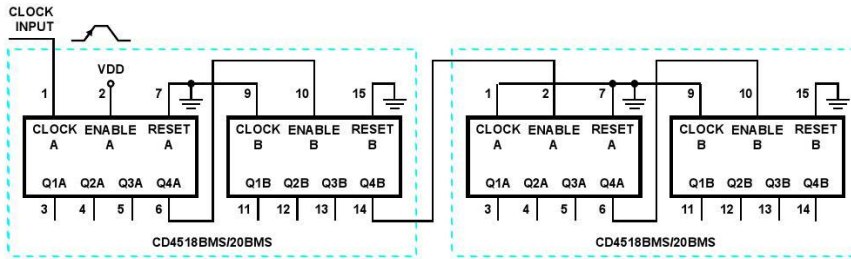
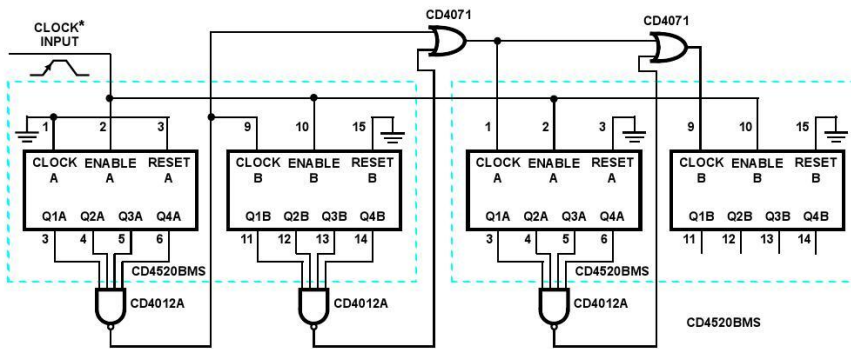


FIGURE 13. RIPPLE CASCADING OF FOUR COUNTERS WITH POSITIVE EDGE TRIGGERING

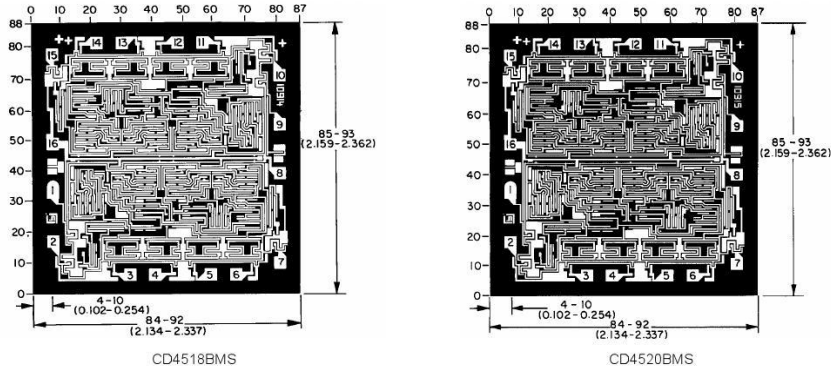


\* For synchronous cascading, the clock transition time should be made less than or equal to the sum of the fixed propagation delay at 15pF and the transition time of the output driver stage for the estimated capacitive load.

FIGURE 14. SYNCHRONOUS CASCADING OF FOUR BINARY COUNTERS WITH NEGATIVE EDGE TRIGGERING

CD4518BMS, CD4520BMS

Chip Dimensions and Pad Layouts



Dimensions in parenthesis are in millimeters and are derived from the basic inch dimensions as indicated. Grid graduations are in mils (10-3 inch).

- METALLIZATION:** Thickness: 11kÅ - 14kÅ, AL.
- PASSIVATION:** 10.4kÅ - 15.6kÅ, Silane
- BOND PADS:** 0.004 inches X 0.004 inches MIN
- DIE THICKNESS:** 0.0198 inches - 0.0218 inches

All Intersil semiconductor products are manufactured, assembled and tested under ISO9000 quality systems certification.

*Intersil products are sold by description only. Intersil Corporation reserves the right to make changes in circuit design and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Intersil is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Intersil or its subsidiaries for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Intersil or its subsidiaries.*

For information regarding Intersil Corporation and its products, see web site: <http://www.intersil.com>

**Sales Office Headquarters**

**NORTH AMERICA**  
Intersil Corporation  
P. O. Box 883, Mail Stop 53-204  
Melbourne, FL 32902  
TEL: (321) 724-7000  
FAX: (321) 724-7240

**EUROPE**  
Intersil SA  
Mercure Center  
100, Rue de la Fusee  
1130 Brussels, Belgium  
TEL: (32) 2.724.2111  
FAX: (32) 2.724.22.05

**ASIA**  
Intersil (Taiwan) Ltd.  
Taiwan Limited  
7F-6, No. 101 Fu Hsing North Road  
Taipei, Taiwan  
Republic of China  
TEL: (886) 2 2716 9310  
FAX: (886) 2 2715 3029



**2N3904**

**SMALL SIGNAL NPN TRANSISTOR**

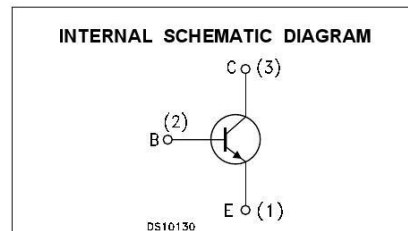
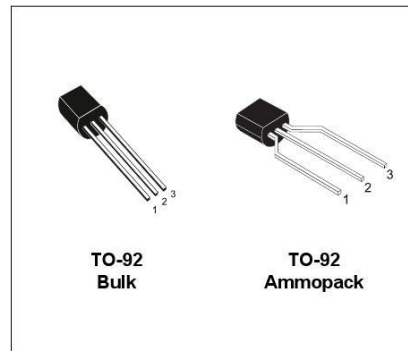
**PRELIMINARY DATA**

Ordering Code	Marking	Package / Shipment
2N3904	2N3904	TO-92 / Bulk
2N3904-AP	2N3904	TO-92 / Ammopack

- SILICON EPITAXIAL PLANAR NPN TRANSISTOR
- TO-92 PACKAGE SUITABLE FOR THROUGH-HOLE PCB ASSEMBLY
- THE PNP COMPLEMENTARY TYPE IS 2N3906

**APPLICATIONS**

- WELL SUITABLE FOR TV AND HOME APPLIANCE EQUIPMENT
- SMALL LOAD SWITCH TRANSISTOR WITH HIGH GAIN AND LOW SATURATION VOLTAGE



**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage ( $I_E = 0$ )	60	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage ( $I_B = 0$ )	40	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage ( $I_C = 0$ )	6	V
$I_C$	Collector Current	200	mA
$P_{tot}$	Total Dissipation at $T_C = 25\text{ }^\circ\text{C}$	625	mW
$T_{stg}$	Storage Temperature	-65 to 150	$^\circ\text{C}$
$T_j$	Max. Operating Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$

2N3904

**THERMAL DATA**

$R_{thj-amb}$ •	Thermal Resistance Junction-Ambient	Max	200	°C/W
$R_{thj-case}$ •	Thermal Resistance Junction-Case	Max	83.3	°C/W

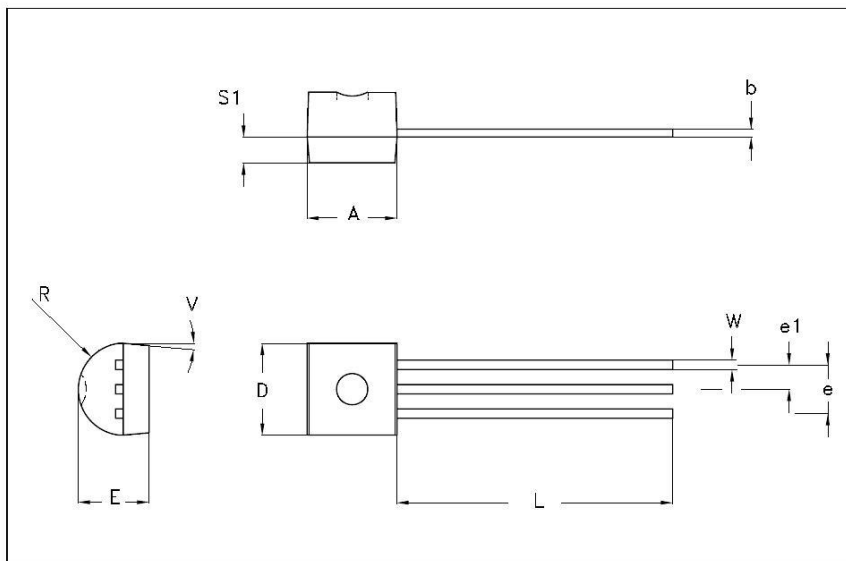
**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_{case} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$I_{CEX}$	Collector Cut-off Current ( $V_{BE} = -3\text{ V}$ )	$V_{CE} = 30\text{ V}$			50	nA
$I_{BEX}$	Base Cut-off Current ( $V_{BE} = -3\text{ V}$ )	$V_{CE} = 30\text{ V}$			50	nA
$V_{(BR)CEO}^{*}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage ( $I_B = 0$ )	$I_C = 1\text{ mA}$	40			V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage ( $I_E = 0$ )	$I_C = 10\text{ A}$	60			V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage ( $I_C = 0$ )	$I_E = 10\text{ A}$	6			V
$V_{CE(sat)}^{*}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{ mA}$ $I_B = 1\text{ mA}$ $I_C = 50\text{ mA}$ $I_B = 5\text{ mA}$			0.2 0.2	V V
$V_{BE(sat)}^{*}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{ mA}$ $I_B = 1\text{ mA}$ $I_C = 50\text{ mA}$ $I_B = 5\text{ mA}$	0.65		0.85 0.95	V V
$h_{FE}^{*}$	DC Current Gain	$I_C = 0.1\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$ $I_C = 1\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$ $I_C = 10\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$ $I_C = 50\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$ $I_C = 100\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$	60 80 100 60 30		300	
$f_T$	Transition Frequency	$I_C = 10\text{ mA}$ $V_{CE} = 20\text{ V}$ $f = 100\text{ MHz}$	250	270		MHz
$C_{CBO}$	Collector-Base Capacitance	$I_E = 0$ $V_{CB} = 10\text{ V}$ $f = 1\text{ MHz}$		4		pF
$C_{EBO}$	Emitter-Base Capacitance	$I_C = 0$ $V_{EB} = 0.5\text{ V}$ $f = 1\text{ MHz}$		18		pF
NF	Noise Figure	$V_{CE} = 5\text{ V}$ $I_C = 0.1\text{ mA}$ $f = 10\text{ Hz}$ to 15.7 KHz $R_G = 1\text{ K}$		5		dB
$t_d$	Delay Time	$I_C = 10\text{ mA}$ $I_B = 1\text{ mA}$			35	ns
$t_r$	Rise Time	$V_{CC} = 30\text{ V}$			35	ns
$t_s$	Storage Time	$I_C = 10\text{ mA}$ $I_{B1} = -I_{B2} = 1\text{ mA}$			200	ns
$t_f$	Fall Time	$V_{CC} = 30\text{ V}$			50	ns

\* Pulsed: Pulse duration = 300  $\mu$ s, duty cycle  $\leq 2\%$

## TO-92 MECHANICAL DATA

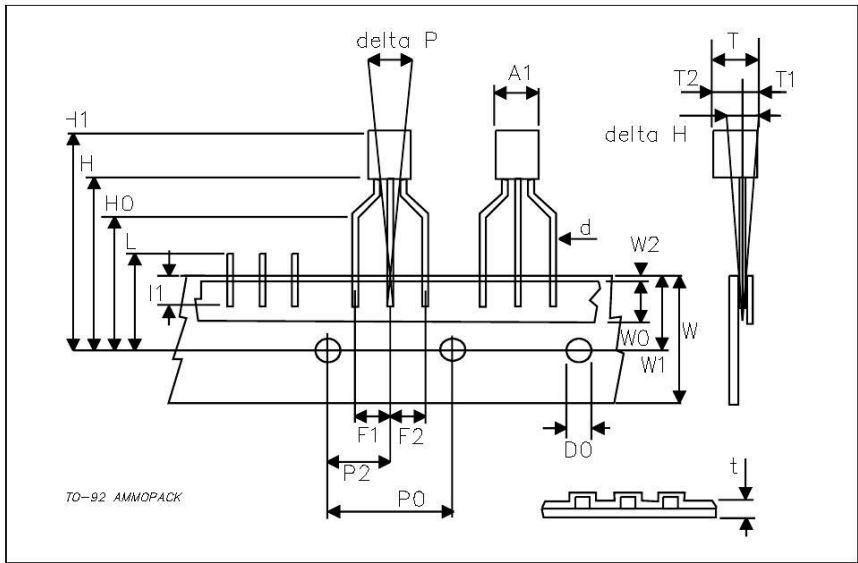
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.32		4.95	0.170		0.195
b	0.36		0.51	0.014		0.020
D	4.45		4.95	0.175		0.194
E	3.30		3.94	0.130		0.155
e	2.41		2.67	0.095		0.105
e1	1.14		1.40	0.045		0.055
L	12.70		15.49	0.500		0.609
R	2.16		2.41	0.085		0.094
S1	1.14		1.52	0.045		0.059
W	0.41		0.56	0.016		0.022
V	4 degree		6 degree	4 degree		6 degree





**TO-92 AMMOPACK SHIPMENT (Suffix"-AP") MECHANICAL DATA**

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A1			4.80			0.189
T			3.80			0.150
T1			1.60			0.063
T2			2.30			0.091
d			0.48			0.019
P0	12.50	12.70	12.90	0.492	0.500	0.508
P2	5.65	6.35	7.05	0.222	0.250	0.278
F1,F2	2.44	2.54	2.94	0.096	0.100	0.116
delta H	-2.00		2.00	-0.079		0.079
W	17.50	18.00	19.00	0.689	0.709	0.748
W0	5.70	6.00	6.30	0.224	0.236	0.248
W1	8.50	9.00	9.25	0.335	0.354	0.364
W2			0.50			0.020
H	18.50		20.50	0.728		0.807
H0	15.50	16.00	16.50	0.610	0.630	0.650
H1			25.00			0.984
D0	3.80	4.00	4.20	0.150	0.157	0.165
t			0.90			0.035
L			11.00			0.433
I1	3.00			0.118		
delta P	-1.00		1.00	-0.039		0.039





July 2006

LM555 Timer

## LM555 Timer

### General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200mA or drive TTL circuits.

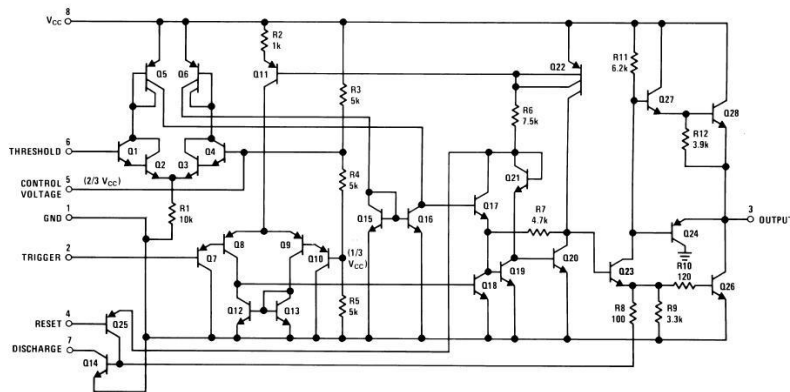
### Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes
- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output
- Available in 8-pin MSOP package

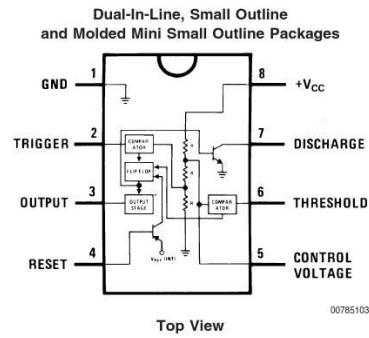
### Applications

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

### Schematic Diagram



## Connection Diagram



## Ordering Information

Package	Part Number	Package Marking	Media Transport	NSC Drawing
8-Pin SOIC	LM555CM	LM555CM	Rails	M08A
	LM555CMX	LM555CM	2.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MSOP	LM555CMM	Z55	1k Units Tape and Reel	MUA08A
	LM555CMMX	Z55	3.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MDIP	LM555CN	LM555CN	Rails	N08E

**Absolute Maximum Ratings** (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 3)	
LM555CM, LM555CN	1180 mW
LM555CMM	613 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

## Soldering Information

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 Seconds)	260°C
Small Outline Packages (SOIC and MSOP)	
Vapor Phase (60 Seconds)	215°C
Infrared (15 Seconds)	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.	

**Electrical Characteristics** (Notes 1, 2)

( $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = +5\text{V}$  to +15V, unless otherwise specified)

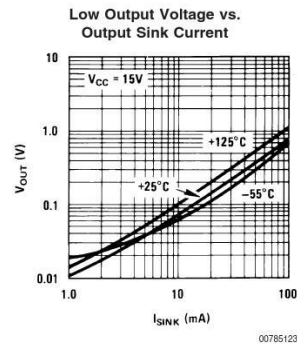
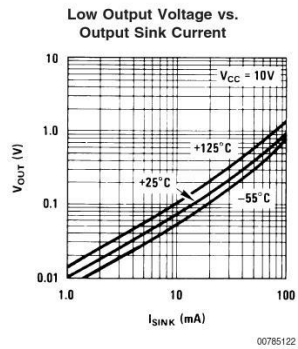
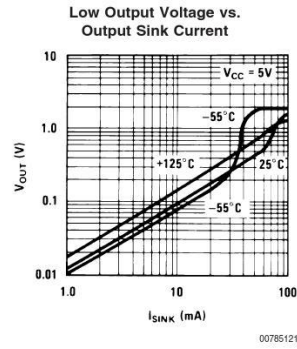
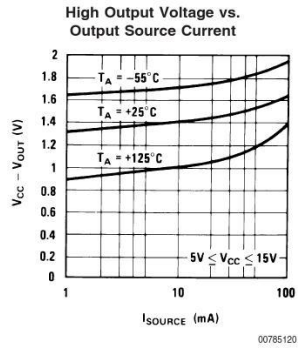
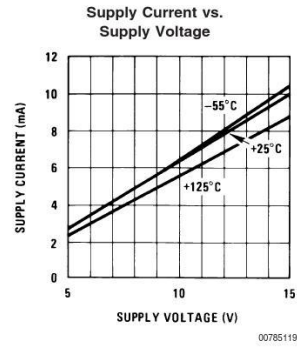
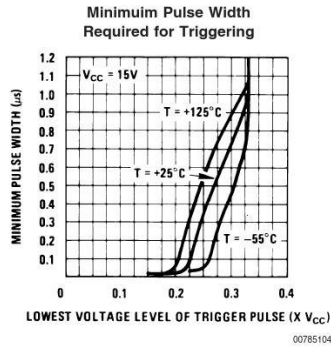
Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Supply Voltage		4.5		16	V
Supply Current	$V_{CC} = 5\text{V}$ , $R_L = \infty$ $V_{CC} = 15\text{V}$ , $R_L = \infty$ (Low State) (Note 4)		3 10	6 15	mA
Timing Error, Monostable					
Initial Accuracy	$R_A = 1\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$ , $C = 0.1\mu\text{F}$ , (Note 5)		1		%
Drift with Temperature			50		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5		%
Drift with Supply			0.1		%/V
Timing Error, Astable					
Initial Accuracy	$R_A, R_B = 1\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$ , $C = 0.1\mu\text{F}$ , (Note 5)		2.25		%
Drift with Temperature			150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			3.0		%
Drift with Supply			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667		$\times V_{CC}$
Trigger Voltage	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$		5 1.67		V V
Trigger Current			0.5	0.9	$\mu\text{A}$
Reset Voltage		0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 6)		0.1	0.25	$\mu\text{A}$
Control Voltage Level	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$	9 2.6	10 3.33	11 4	V
Pin 7 Leakage Output High			1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 7)					
Output Low	$V_{CC} = 15\text{V}$ , $I_T = 15\text{mA}$		180		mV
Output Low	$V_{CC} = 4.5\text{V}$ , $I_T = 4.5\text{mA}$		80	200	mV

**Electrical Characteristics** (Notes 1, 2) (Continued)(T<sub>A</sub> = 25°C, V<sub>CC</sub> = +5V to +15V, unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Output Voltage Drop (Low)	V <sub>CC</sub> = 15V				
	I <sub>SINK</sub> = 10mA		0.1	0.25	V
	I <sub>SINK</sub> = 50mA		0.4	0.75	V
	I <sub>SINK</sub> = 100mA		2	2.5	V
	I <sub>SINK</sub> = 200mA		2.5		V
	V <sub>CC</sub> = 5V				
	I <sub>SINK</sub> = 8mA				V
Output Voltage Drop (High)	I <sub>SOURCE</sub> = 200mA, V <sub>CC</sub> = 15V		12.5		V
	I <sub>SOURCE</sub> = 100mA, V <sub>CC</sub> = 15V	12.75	13.3		V
	V <sub>CC</sub> = 5V	2.75	3.3		V
Rise Time of Output			100		ns
Fall Time of Output			100		ns

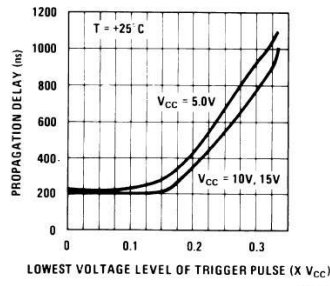
**Note 1:** All voltages are measured with respect to the ground pin, unless otherwise specified.**Note 2:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.**Note 3:** For operating at elevated temperatures the device must be derated above 25°C based on a +150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 106°C/W (DIP), 170°C/W (S0-8), and 204°C/W (MSOP) junction to ambient.**Note 4:** Supply current when output high typically 1 mA less at V<sub>CC</sub> = 5V.**Note 5:** Tested at V<sub>CC</sub> = 5V and V<sub>CC</sub> = 15V.**Note 6:** This will determine the maximum value of R<sub>A</sub> + R<sub>B</sub> for 15V operation. The maximum total (R<sub>A</sub> + R<sub>B</sub>) is 20MΩ.**Note 7:** No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.**Note 8:** Refer to RET555X drawing of military LM555H and LM555J versions for specifications.

Typical Performance Characteristics

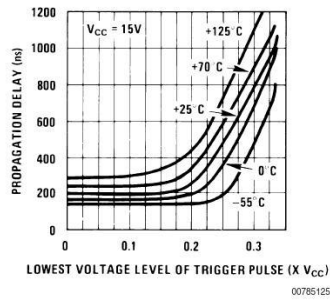


Typical Performance Characteristics (Continued)

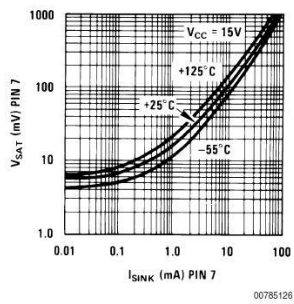
Output Propagation Delay vs. Voltage Level of Trigger Pulse



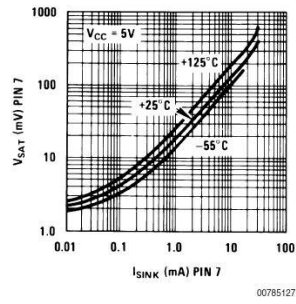
Output Propagation Delay vs. Voltage Level of Trigger Pulse



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs. Sink Current



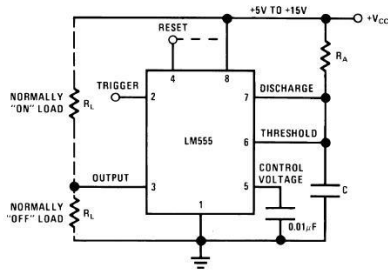
Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs. Sink Current



## Applications Information

### MONOSTABLE OPERATION

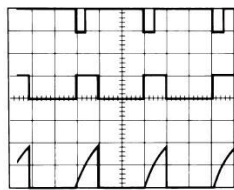
In this mode of operation, the timer functions as a one-shot (Figure 1). The external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer. Upon application of a negative trigger pulse of less than  $1/3 V_{CC}$  to pin 2, the flip-flop is set which both releases the short circuit across the capacitor and drives the output high.



00785105

FIGURE 1. Monostable

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of  $t = 1.1 R_A C$ , at the end of which time the voltage equals  $2/3 V_{CC}$ . The comparator then resets the flip-flop which in turn discharges the capacitor and drives the output to its low state. Figure 2 shows the waveforms generated in this mode of operation. Since the charge and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply.



00785106

$V_{CC} = 5V$   
 TIME = 0.1 ms/DIV.  
 $R_A = 9.1k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$

Top Trace: Input 5V/Div.  
 Middle Trace: Output 5V/Div.  
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 2V/Div.

FIGURE 2. Monostable Waveforms

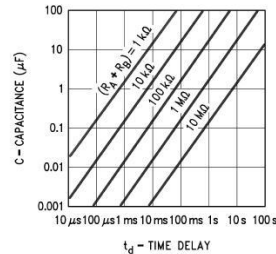
During the timing cycle when the output is high, the further application of a trigger pulse will not effect the circuit so long as the trigger input is returned high at least  $10\mu s$  before the end of the timing interval. However the circuit can be reset

during this time by the application of a negative pulse to the reset terminal (pin 4). The output will then remain in the low state until a trigger pulse is again applied.

When the reset function is not in use, it is recommended that it be connected to  $V_{CC}$  to avoid any possibility of false triggering.

Figure 3 is a nomograph for easy determination of R, C values for various time delays.

**NOTE:** In monostable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

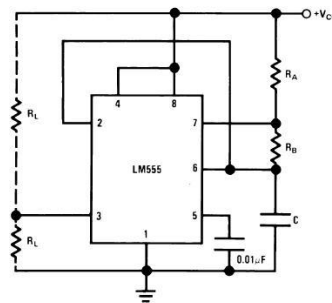


00785107

FIGURE 3. Time Delay

### ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in Figure 4 (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a multivibrator. The external capacitor charges through  $R_A + R_B$  and discharges through  $R_B$ . Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.



00785108

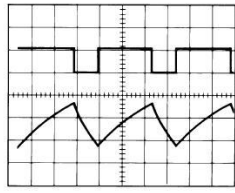
FIGURE 4. Astable

In this mode of operation, the capacitor charges and discharges between  $1/3 V_{CC}$  and  $2/3 V_{CC}$ . As in the triggered mode, the charge and discharge times, and therefore the frequency are independent of the supply voltage.



**Applications Information** (Continued)

Figure 5 shows the waveforms generated in this mode of operation.



00785109  
 $V_{CC} = 5V$   
 TIME = 20 $\mu$ s/DIV.  
 $R_A = 3.9k\Omega$   
 $R_B = 3k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$   
 Top Trace: Output 5V/Div.  
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/Div.

**FIGURE 5. Astable Waveforms**

The charge time (output high) is given by:

$$t_1 = 0.693 (R_A + R_B) C$$

And the discharge time (output low) by:

$$t_2 = 0.693 (R_B) C$$

Thus the total period is:

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_A + 2R_B) C$$

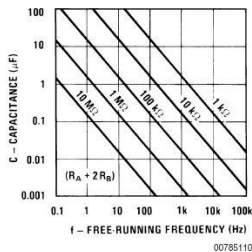
The frequency of oscillation is:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) C}$$

Figure 6 may be used for quick determination of these RC values.

The duty cycle is:

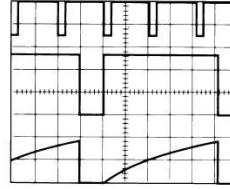
$$D = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$



**FIGURE 6. Free Running Frequency**

**FREQUENCY DIVIDER**

The monostable circuit of Figure 1 can be used as a frequency divider by adjusting the length of the timing cycle. Figure 7 shows the waveforms generated in a divide by three circuit.

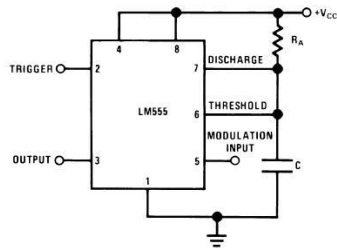


00785111  
 $V_{CC} = 5V$   
 TIME = 20 $\mu$ s/DIV.  
 $R_A = 9.1k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$   
 Top Trace: Input 4V/Div.  
 Middle Trace: Output 2V/Div.  
 Bottom Trace: Capacitor 2V/Div.

**FIGURE 7. Frequency Divider**

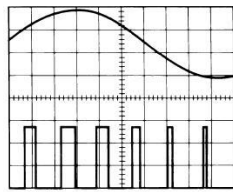
**PULSE WIDTH MODULATOR**

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. Figure 8 shows the circuit, and in Figure 9 are some waveform examples.



**FIGURE 8. Pulse Width Modulator**

## Applications Information (Continued)



00785113  
 $V_{CC} = 5V$   
 Top Trace: Modulation 1V/Div.  
 TIME = 0.2 ms/DIV. Bottom Trace: Output Voltage 2V/Div.  
 $R_A = 9.1k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$

FIGURE 9. Pulse Width Modulator

## PULSE POSITION MODULATOR

This application uses the timer connected for astable operation, as in Figure 10, with a modulating signal again applied to the control voltage terminal. The pulse position varies with the modulating signal, since the threshold voltage and hence the time delay is varied. Figure 11 shows the waveforms generated for a triangle wave modulation signal.

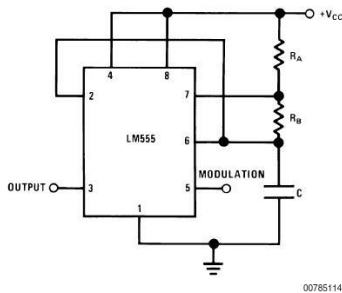
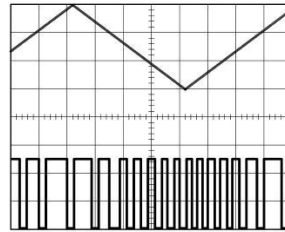


FIGURE 10. Pulse Position Modulator



00785115  
 $V_{CC} = 5V$   
 Top Trace: Modulation Input 1V/Div.  
 TIME = 0.1 ms/DIV. Bottom Trace: Output 2V/Div.  
 $R_A = 3.9k\Omega$   
 $R_B = 3k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$

FIGURE 11. Pulse Position Modulator

## LINEAR RAMP

When the pullup resistor,  $R_A$ , in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is generated. Figure 12 shows a circuit configuration that will perform this function.

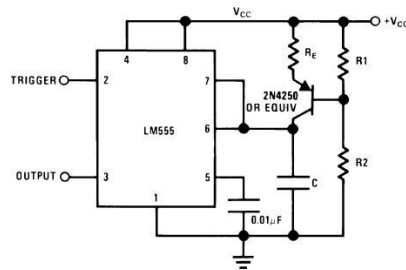


FIGURE 12.

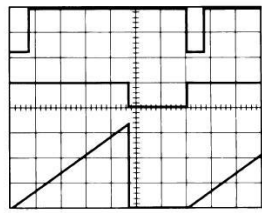
Figure 13 shows waveforms generated by the linear ramp. The time interval is given by:

$$T = \frac{2/3 V_{CC} R_E (R_1 + R_2) C}{R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_1 + R_2)}$$

$$V_{BE} \approx 0.6V$$

$$V_{BE} = 0.6V$$

## Applications Information (Continued)



00785117  
 $V_{CC} = 5V$  Top Trace: Input 3V/Div.  
 TIME = 20 $\mu$ s/DIV. Middle Trace: Output 5V/Div.  
 $R_1 = 47k\Omega$  Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/Div.  
 $R_2 = 100k\Omega$   
 $R_E = 2.7 k\Omega$   
 $C = 0.01 \mu F$

FIGURE 13. Linear Ramp

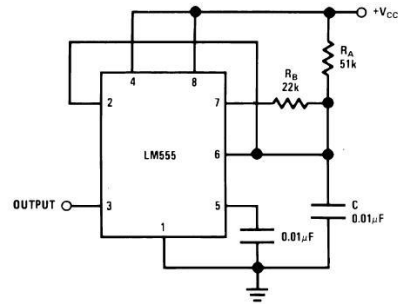
## 50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

For a 50% duty cycle, the resistors  $R_A$  and  $R_B$  may be connected as in Figure 14. The time period for the output high is the same as previous,  $t_1 = 0.693 R_A C$ . For the output low it is  $t_2 =$

$$\left[ (R_A R_B) / (R_A + R_B) \right] C \ln \left[ \frac{R_B - 2R_A}{2R_B - R_A} \right]$$

Thus the frequency of oscillation is

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2}$$



00785118

FIGURE 14. 50% Duty Cycle Oscillator

Note that this circuit will not oscillate if  $R_B$  is greater than  $1/2 R_A$  because the junction of  $R_A$  and  $R_B$  cannot bring pin 2 down to  $1/3 V_{CC}$  and trigger the lower comparator.

## ADDITIONAL INFORMATION

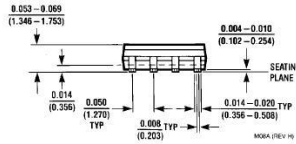
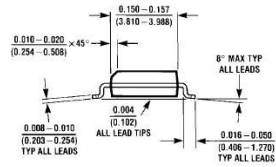
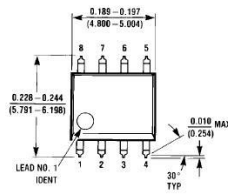
Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. Minimum recommended is  $0.1 \mu F$  in parallel with  $1 \mu F$  electrolytic.

Lower comparator storage time can be as long as  $10 \mu s$  when pin 2 is driven fully to ground for triggering. This limits the monostable pulse width to  $10 \mu s$  minimum.

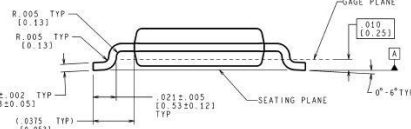
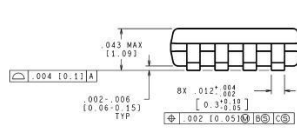
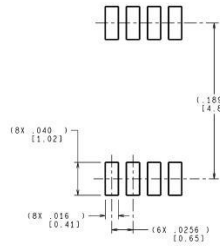
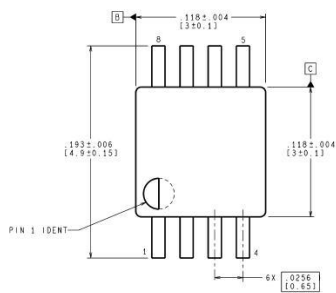
Delay time reset to output is  $0.47 \mu s$  typical. Minimum reset pulse width must be  $0.3 \mu s$ , typical.

Pin 7 current switches within 30ns of the output (pin 3) voltage.

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted



**Small Outline Package (M)**  
NS Package Number M08A

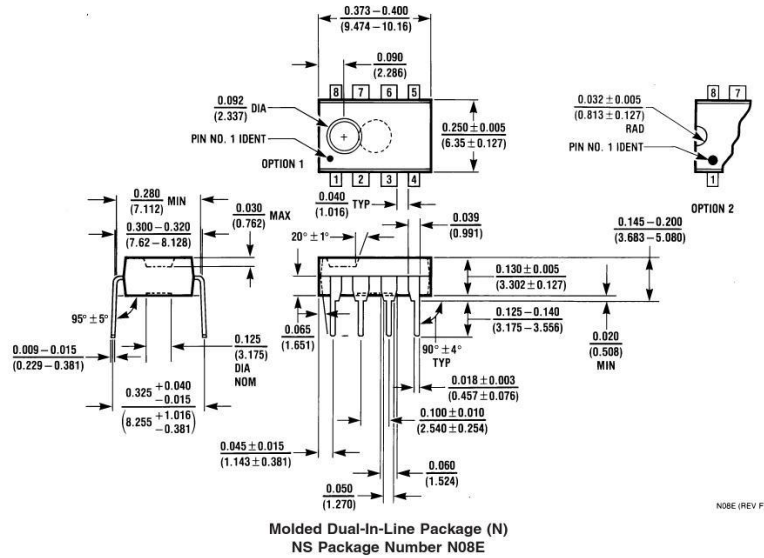


CONTROLLING DIMENSION IS INCH  
VALUES IN [ ] ARE MILLIMETERS

MUA08A (Rev E)

**8-Lead (0.118" Wide) Molded Mini Small Outline Package**  
NS Package Number MUA08A

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

For the most current product information visit us at [www.national.com](http://www.national.com).

**LIFE SUPPORT POLICY**

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

**BANNED SUBSTANCE COMPLIANCE**

National Semiconductor follows the provisions of the Product Stewardship Guide for Customers (CSP-9-111C2) and Banned Substances and Materials of Interest Specification (CSP-9-111S2) for regulatory environmental compliance. Details may be found at: [www.national.com/quality/green](http://www.national.com/quality/green).

Lead free products are RoHS compliant.

 **National Semiconductor**  
Americas Customer Support Center  
Email: [new.feedback@nsc.com](mailto:new.feedback@nsc.com)  
Tel: 1-800-272-9959

**National Semiconductor**  
Europe Customer Support Center  
Fax: +49 (0) 180-530 85 86  
Email: [europe.support@nsc.com](mailto:europe.support@nsc.com)  
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9506 6208  
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171  
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 6790

**National Semiconductor**  
Asia Pacific Customer Support Center  
Email: [ap.support@nsc.com](mailto:ap.support@nsc.com)

**National Semiconductor**  
Japan Customer Support Center  
Fax: 81-3-5639-7507  
Email: [jp.feedback@nsc.com](mailto:jp.feedback@nsc.com)  
Tel: 81-3-5639-7560

[www.national.com](http://www.national.com)

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Perry R. Cook, *Real Sound Synthesis for Interactive Applications*, A.K. Peters Ltd., Wellesley, 2002.
2. Hubert S. Howe Jr, «Compositional Limitations of Electronic Music Synthesizers», *Perspectives of New Music*, Vol. 10, No. 2 (Spring - Summer, 1972).
3. John Lane κ.α., «Modeling Analog Synthesis with DSPs», *Computer Music Journal*, Vol. 21, No. 4 (Winter, 1997).
4. Pierre-Yves Rolland, François Pachet, «A Framework for Representing Knowledge about Synthesizer Programming», *Computer Music Journal*, Vol. 20, No. 3 (Autumn, 1996).
5. Martin Russ, *Sound Synthesis and Sampling*, Focal Press, Oxford, 1996.
6. <http://www.chambers.co.uk/search.php?query=synthesis&title=21st> (προσπέλαση 22/6/2016).

## **Ηλεκτρονικές διευθύνσεις (Websites)**

- <http://picsynth.000space.com/?i=1> (προσπέλαση 17/5/2017).
- <http://www.allaboutcircuits.com/textbook/alternating-current/chpt-8/resonant-filters/> (προσπέλαση 5/2/2017).
- <http://www.samplecraze.com/tutorials/synthesis-part-5> (προσπέλαση 5/2/2017).
- <http://electronics.stackexchange.com/questions/36308/crystals-oscillators-and-resonators-what-the-difference> (προσπέλαση 10/11/2016).
- <http://getlofi.com/shop/555-timer-module/> (προσπέλαση 23/9/2016).
- <https://www.gearogs.com/gear/36471-Steiner-Parker-Minicon> (προσπέλαση 26/4/2017).