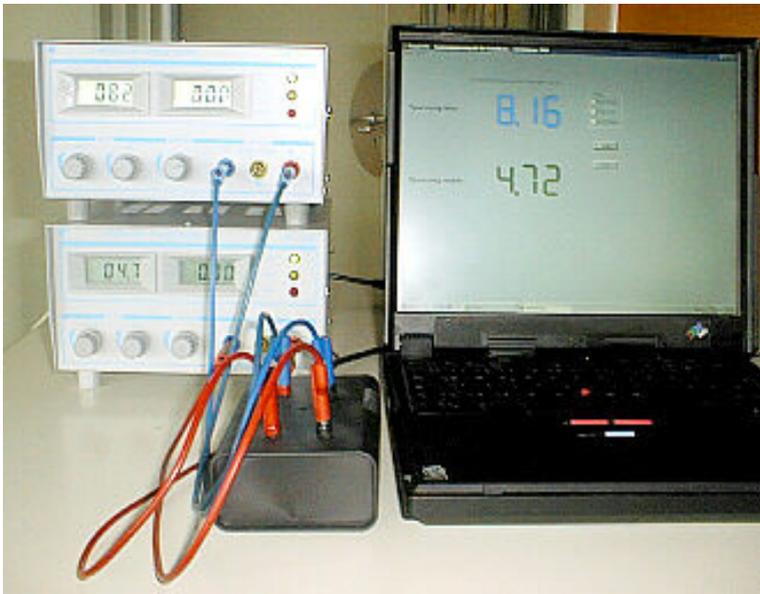


## Messung von Gleichspannungen mit der Soundkarte.

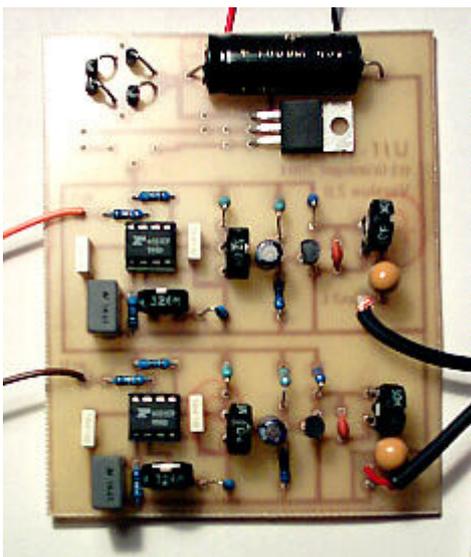


### 0.) Eigenschaften einer Soundkarte.

Eine Soundkarte ist normalerweise für die Verarbeitung von Tönen ausgelegt - physikalisch gesprochen also von Wechselspannungen im Bereich 20 Hz .. 20 kHz. Wechselspannungen, die außerhalb dieses Frequenzbereichs liegen, lassen sich daher mit der Soundkarte nicht erfassen.

Ebensowenig können mit der Soundkarte - ohne weitere Elektronik - Gleichspannungen gemessen werden. Dies liegt daran, dass im Eingang der Soundkarte ein Kondensator liegt, der Gleichspannungen blockt. Das ist ungefähr so wie bei einem Oszilloskop, das im Modus "AC" betrieben wird.

### 1.) Der Lösungsansatz.



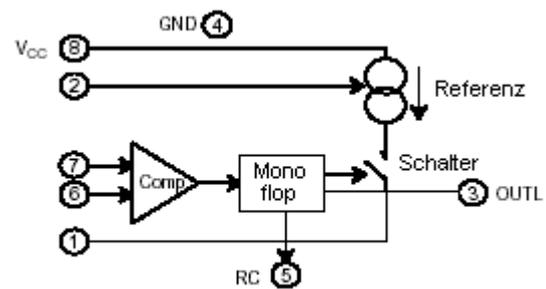
Gesamtansicht des Mustergeräts

Um Gleichspannungen für Soundkarten messbar zu machen, muss die zu messende Spannung in eine (Ton-)Frequenz umgesetzt werden. Dies ist mit Hilfe eines Spannungs-Frequenz-Wandlers (auch VCO - voltage controlled oscillator oder VFC - voltage frequency converter genannt) möglich. Solche IC finden oft auch in den handelsüblichen Frequenzgeneratoren Anwendung.

Für den Selbstbau im Schulunterricht sollte auf jeden Fall ein kostengünstiger und einfach zu bekommender IC eingesetzt werden. Die Wahl fiel daher auf den 8-Pin-Typ XR4151 von Exar (auch baugleich unter dem Namen RC4151 von Raytheon erhältlich). Dieser Baustein ist bei den **üblichen Quellen** erhältlich und kostet ca. 2 Euro.

## 2.) Funktionsweise des IC 4151

Der IC 4151 besteht intern aus einem Spannungskomparator, einem Monoflop (Ezelimpulserzeuger) einer Spannungsreferenz und einer geschalteten Stromquelle. (vgl. Blockdiagramm).



Blockdiagramm des XR-4151

Wenn die Eingangsspannung an Pin7 größer als die Spannung an Pin 6 ist, schaltet der Komparator durch. Das Monoflop wird gestartet und erzeugt einen Spannungsimpuls einer definierten Länge  $T$ , ähnlich wie der bekannte Timer IC 555. Der an Pin 5 liegende Kondensator  $C$  wird dabei über einen Widerstand aufgeladen. Wenn die Spannung am  $C$  etwa  $2/3$  der Betriebsspannung erreicht, endet der Puls des Monoflop und der Kondensator  $C$  wird intern entladen. Während des Monoflop-Pulses ist die Stromquelle (Pin1) freigeschaltet. Sie gibt einen definierten Strom ab, der proportional zur Referenzspannung ist, die mit einer Widerstandsschaltung an Pin 2 festgelegt wird.. Über Pin1 wird eine Ladungsmenge  $Q = I \cdot T$  auf den Kondensator  $C_2$  gebracht, die Spannung  $U_C$  an seinen Anschlüssen steigt. Diese Spannung wird auf den Pin6 geleitet. Ist diese Spannung  $U_C$  immer noch kleiner als die Eingangsspannung  $U_I$ , wird ein weiterer Impuls ausgelöst. Nach kurzer Zeit stellt sich ein Gleichgewichtszustand ein, bei dem die Ausgangsfrequenz proportional zur Eingangsspannung wird.

Für eine ausführlichere Erklärung sollte man das [Datenblatt des IC4151](#) einsehen (englisch).

### 2.1.) Einschränkungen im Betrieb des IC.

#### Wandlungszeiten:

Dabei kann der XR4151 auf schnelle und extreme Spannungsschwankungen nur träge reagieren: bei einer Änderung der Eingangsspannung von 0V auf 10 V beträgt die Zeit für das Erreichen des Gleichgewichtszustandes 135 ms (Datenblatt). Beim Messen stationärer oder langsam veränderlicher Spannungen sind die Zeiten für das Erreichen des Gleichgewichtszustands aber kürzer und dies ist kein Problem.

#### Untere Spannungsgrenze:

Möchte man mit einer einfachen Versorgungsspannung auskommen, so darf die Eingangsspannung nicht exakt 0 Volt sein, sie sollte - laut Datenblatt - für eine brauchbare Messung 10 mV nicht unterschreiten. Auch dies bereitet keine Probleme. Sinnvollerweise dimensioniert man für den Schulbetrieb die Schaltung so, dass sich bei einer Eingangsspannung von 10 Volt eine Ausgangsfrequenz von 10 kHz ergibt, dann entspricht 1 Volt genau 1 kHz. Dies kann die Soundkarte problemlos verarbeiten. Umgekehrt entsprechen 10 mV dann einer Frequenz von 10 Hz, welche die Soundkarte ohnehin nicht mehr sinnvoll registrieren kann, da ihre untere Grenzfrequenz ja bei ca. 20 Hz liegt. Zwischen 10 mV und 10 V beträgt die Linearitätsabweichung zwischen Eingangsspannung und Ausgangsfrequenz etwa 1%, was für alle Fälle ausreichend sein sollte.

In der Praxis konnte das Mustergerät mit den gewählten Dimensionierungen noch Spannungen bis hinunter zu etwa 0,01 Volt sicher auflösen. Diese Grenze hängt sicher auch etwas von der Eingangsempfindlichkeit der verwendeten Soundkarte ab.

#### Obere Spannungsgrenze:

Umgekehrt hängt die Maximalspannung, die man messen kann, von zwei Faktoren ab:

- Die zu wandelnde Eingangsspannung darf nicht größer als die Versorgungsspannung der Schaltung sein.

Bei einem 9-Volt Block ist diese Grenze experimentell aber schon bei etwa 7-8 Volt angelegter Spannung erreicht. Mit einer 12 Volt Versorgungsspannung sind die 10 Volt Eingangsspannung erreichbar. Test mit dem Mustergerät und der Soundkarte eines Laptops ließen noch die Messung bis über 11 V sicher zu.

b) Zwar könnte der Wandler IC bis maximal 22 Volt betrieben werden, so dass mit den gewählten Dimensionierungen auch Spannungen bis etwa 20 Volt gemessen werden könnten (dies entspräche dann einer Ausgangsfrequenz von 20 kHz). Diese würden die meisten Soundkarten sicher noch verarbeiten. Das Problem liegt aber an einer anderen Stelle:

Legt man beim Auswertprogramm eine Sampling-Rate von 44100 Hz zugrunde (d.h. die Soundkarte macht 44100 Messungen je Sekunde) so werden bei einem 10 kHz Signal gerade mal 4 Spannungswerte je Periode erfasst, dies ist schon beinahe zu wenig, um daraus sicher eine Frequenz und eine Spannung bestimmen zu können. Bei Stereobetrieb (2 Kanäle) halbiert sich dies noch!

Zwar lassen sich manche Soundkarten mit höherer Sampling-Rate betreiben, jedoch nicht alle. Daher sind zu messende Spannungen über 10 Volt (entsprechend 10 kHz) nicht sinnvoll.

In dem Bereich zwischen 0,01V und etwa 11 Volt funktionierte die Wandlung mit dem recht einfachen Mustergerät zuverlässig und recht genau (Bei Betrieb mit einem 12 V Steckernetzteil).

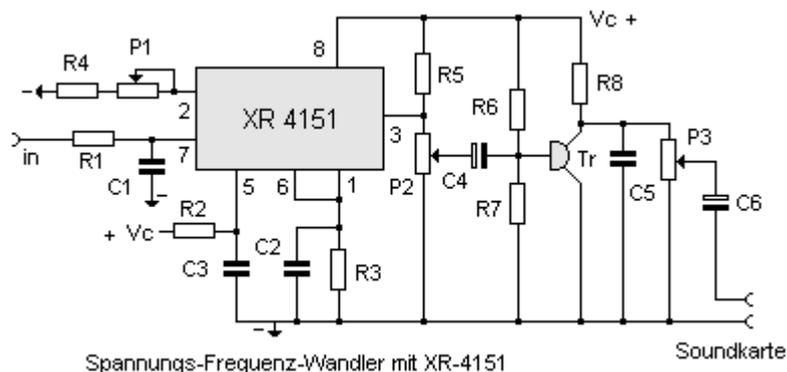
Wem dieser Bereich nicht genügt, kann eine größere Spannung über einen Spannungsteiler verkleinern, oder eine kleinere Spannung mit einem Operationsverstärker auf den nötigen Pegel bringen, was dann allerdings eine kompliziertere Stromversorgung erfordert.

### 3.) Die Schaltung des Mustergerätes.

Das Mustergerät enthält zwei identische Spannungs-Frequenz-Wandler, so dass man jeweils eine Spannung an den rechten und an den linken Line-In-Eingang der Soundkarte führen kann. So sind zwei Spannungen (oder auch eine Spannung und eine Stromstärke - Spannungsabfall an einem Messwiderstand) gleichzeitig erfassbar (vgl. Photo oben)

Wer möchte, kann natürlich auch nur einen Block bestücken und erhält dann einen "Mono-Spannungs-Frequenz-Wandler".

Hier ist das Schaltbild eines Wandlerblocks dargestellt:

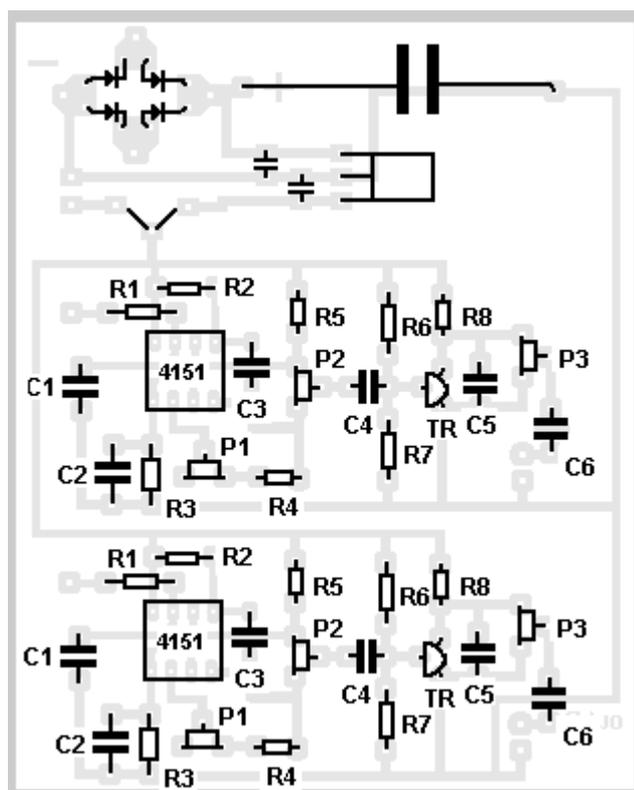


#### Funktionsbeschreibung:

Die Eingangsspannung führt über R1 zum Pin 7 des IC. Von der Eingangsbuchse nach Masse legt man am besten ebenfalls einen 100 kOhm Widerstand um Brummeinstreuungen zu minimieren. Der Eingangswiderstand ist so immer noch groß genug.

R4 und P1 legen die Referenzspannung des XR4151 fest. Dies bestimmt die Ausgangsfrequenz bei einer bestimmten Eingangsspannung. Die Versorgungsspannung liegt an Pin 4 (-) und an Pin 8 (+) an. An Pin 3 tritt ein Rechtecksignal auf. Um den Spannungs-Frequenz-Wandler vom Soundkarten-Eingang zu entkoppeln schließt sich noch eine Transistorstufe an. Zunächst wird ein Teil der Rechteckspannung am Potentiometer P2 abgegriffen und über einen Koppelkondensator (C4) auf die Basis des Transistors geführt, die Kapazität sollte nicht zu klein sein, damit auch kleine Frequenzen noch sinnvoll angekoppelt werden. Der Arbeitspunkt von Tr wird mit R6 und R7 festgelegt. Als Transistor eignet sich jeder einfache NPN-Typ z.B. BC 547 o.ä. Ein kleiner Kondensator am Ausgang blockt evtl. entstehende hochfrequente Schwingungen nach Masse ab. Das Nutzsignal wird an P3 auf den auf den nötigen Wert für die Soundkarte (ca. 1 Vss) heruntergeregelt und über

C6 an die Soundkarte ausgekoppelt. Ich habe hier einen Tantal-Typ benutzt, es geht aber auch mit einem 'normalen' Elektrolytkondensator.



Hier ist der Bestückungsplan. Man erkennt zwei identische Wandlerblöcke übereinander, die so beschaltet sind, wie oben beschrieben. Darüber befindet sich das Mini-Netzteil mit Diodenbrücke, Siebkondensator und Spannungsregler 7812.

Die Benennungen entsprechen denen im Schaltplan oben.

Die Dimensionierung der Bauteile entnehmen Sie bitte der Teileliste.

Als Orientierungshilfe kann auch das Photo eines Kanals weiter unten dienen.

Als Spannungsversorgung genügt im Normalfall eine 9V-Blockbatterie.

In der Praxis haben Batterien aber die Eigenschaft immer genau dann 'leer' zu sein, wenn man messen möchte.

### Versorgung mit 12 Volt Wechselspannung.

Daher wurde alternativ zur Batterieversorgung ein Mini-Netzteil vorgesehen. Eine Wechselspannung von 12 Volt wird über eine Diodenbrücke gleichgerichtet. Ein Kondensator 100 Mikروفarad / 40 Volt glättet die entstehende Gleichspannung. Man sollte hier unbedingt auf die Spannungsfestigkeit achten. Ein 16 Volt Typ genügt nicht, der Kondensator sollte schon mindestens 25 Volt aushalten.

Ein Spannungsregler 7812 macht daraus saubere 12 Volt Gleichspannung. Auf eine Kühlung des IC kann verzichtet werden, da die Stromaufnahme gering ist. Diesen Teil erkennt man oben im Bestückungsplan.

### Versorgung mit einem Steckernetzteil.

Eine weitere Möglichkeit zur Spannungsversorgung ist ein einfaches 12-Volt-Steckernetzteil. Diese geben meist eine pulsierende Gleichspannung aus, so dass man den Kondensator zur Glättung beibehalten sollte. Auf die Dioden und den Spannungsregler kann man dann verzichten. In diesem Fall läßt man die Gleichrichterioden weg und schließt eine Klinken- oder Lautsprecherbuchse an die Anschlüsse + und - an. Der Spannungsregler entfällt, stattdessen legt man eine Drahtbrücke von seinem oberen zu seinem unteren Anschluß.

Ein Test ergab, dass auch unstabilisierte Netzteile völlig ausreichend sind. Dabei genügen schon Netzteile, die nur eine sehr kleine Stromstärke abgeben können. Die Stromaufnahme des Geräts liegt bei etwa 20 - 30 mA. Die Spannung, die das Netzteil abgibt, ist ebenfalls nicht sehr kritisch. Versuche zeigten, dass sich die Anzeige der angelegten Spannung kaum veränderte, wenn die Versorgungsspannung in einem Bereich von 9 - 16 Volt schwankt.

Ideal wäre ein kleines Steckernetzteil, das fest 12 Volt Spannung ausgibt. Die meisten billigen Steckernetzteile lassen sich in einem Bereich von 1,5 bis 12 V umschalten. In der 12 Volt Stellung erreichen solche Netzteile oft 15 V Leerlaufspannung und mehr, nach den Tests oben ist das aber kein Problem.

**Jedoch lässt sich bei diesen Netzteilen auch die Polarität meist über Schiebeschalter ändern.**

**Daher sollte man unbedingt in die Zuleitung Verpolungsschutz-Dioden einbauen!!**

**Andernfalls werden ggf. der Siebkondensator und/oder die ICs zerstört, wenn jemand versehentlich die falsche Polatität einstellt.**

Links kann ein Umschalter angeschlossen werden, der dann sowohl als Einschalter für die Blockbatterie oder für das Netzteil, oder als Umschalter zwischen den Quellen dienen kann. Ganz links wird der Clips für die 9V Batterie angelötet. Ohne Batterie und bei Verorgung durch ein Steckernetzteil kann der Schalter natürlich auch entfallen.



Photo eines Kanals im Mustergerät.

#### Teilleiste:

R1 : 100 kOhm	C1 : 0,01 Mikrofarad
R2 : 6,8 kOhm	C2 : 1,0 Mikrofarad
R3 : 100 kOhm	C3 : 0,01 Mikrofarad
R4 : 12 kOhm	C4 : 22 Mikrofarad
R5 : 5,1 kOhm	C5 : 220 Picofarad
R6 : 100 kOhm	C6 : 22 Mikrofarad
R7 : 8,1 kOhm	
R8 : 1,2 kOhm	TR. Transistor BC 547 o.ä.
P1 : 5 kOhm	Dioden: 1N4000
P2 : 5 kOhm	
P3 : 50 kOhm	

Die Kosten dürften - ohne Buchsen, Gehäuse - in der Zwei-Kanal-Version einen Betrag von ca. 15 Euro nicht übersteigen.

#### 4.) Herstellung der Platine.

Die beiden Wandlerblöcke und das Mini-Netzteil finden auf einer halben Europaplatine ( 8cm x 10 cm ) Platz.

Das Layout der Schaltung zur Herstellung der Platine ( 8cm x 10 cm ) kann [hier heruntergeladen werden](#). Möchte man gleich zwei Wandler auf einer normalen Europaplatine bauen (16cm x 10cm), sollte man [dieses Layout herunterladen](#).

Die Layouts sind im Bitmap-Format. Idealerweise druckt man sie mit einem Laserdrucker direkt auf Kopierfolien für den Photokopierer.

Die Platinen werden in bekannter Weise belichtet, entwickelt und geätzt. Anschließend werden die Bestückungslöcher mit einem 1mm-Bohrer gebohrt. Da die Abstände der Leiterbahnen nicht zu eng dimensioniert wurden, dürften schon geübte Elektronik-Bastler auf keine Probleme stoßen.

Beim Layout wurde bewußt darauf geachtet, dass evtl. auch Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, die Platinen herzustellen und zu bestücken. Die Werte der Bauteile ergeben sich aus dem Schaltbild, dem Bestückungsplan und der Teilleiste. Drahtbrücken müssen keine gelegt werden

#### 5) Inbetriebnahme und Abgleich.

Wenn eine Blockbatterie angeschlossen ist, bzw. das Gerät über das 12V Mini-Netzteil versorgt wird, legt man eine Spannung an den Eingang an.

Ein Oszilloskop oder ein Frequenzzähler wird am Pin 3 des XR4151 angeschlossen. Mit dem Trimmer P1 gleicht man nun die Frequenz so ab, dass z.B. bei 2,0 Volt 2,0 kHz Ausgangsfrequenz abgegeben werden. Dann verbindet man das Oszilloskop mit dem Ausgang und gleicht mit den anderen beiden Potentiometern so ab, dass im Ausgang ein sauberes Rechtecksignal mit einer Amplitude von 1 Volt entsteht. Die Amplitude ist nicht sehr kritisch, sie sollte aber nicht deutlich über 1 Volt liegen um die Soundkarte nicht zu gefährden, bis 2 Volt würde sicher auch noch nichts passieren.

Wenn das Gerät nun an den Line-In Eingang der Soundkarte angeschlossen wird, müßte ein etwas schrill klingender Ton (Rechteckspannung) zu hören sein, dessen Frequenz sich mit der Eingangsspannung verändert.

## 6) Software.

Mindestens für erste Tests genügt das **Freeware-Programm "counter.exe"** das Sie hier herunterladen können.

Leider registriert es nur einen Kanal.

### 6.1.) Test- und Arbeitsprogramme für die Spannungsmessung mit der Soundkarte.

Für das Arbeiten mit der Soundkarte sind verschiedene kleine Programme entstanden.

(1) Dieses Programm verzichtet bewußt auf jeden "Luxus". Es ist jedoch ein voll funktionsfähiges Delphi-Programm zum Auslesen zweier Spannungen über die beiden Kanäle der Soundkarte.

**Programm "uflowsounds.exe herunterladen** (.exe-Datei 407 kByte) 

(2) Dies sind die als Zip-Datei gepackten Delphi 6 Quellcodes zum Programm. Sie sollen als Anregung oder als Basis für eigene Projekte dienen. Sie können für schulische und nicht kommerzielle Zwecke frei benutzt werden. Eine andere Nutzung ist ohne Zustimmung des Autors untersagt.

**Die Programmquellen herunterladen** (.zip-Datei 8 KByte) 

(3) Hier ein etwas komfortableres Programm, das die Spannungen auf zwei stilisierten 7-Segment-Anzeigen ausgibt. Es ist eher für die praktische Arbeit gedacht.



**Das Programm  
herunterladen**

(.exe-Datei 415  
kByte) 

Mit Hilfe der **Delphi-Komponente Audio.zip** kann man aber auch eigene Auswertprogramme für die Soundkarte leicht in Delphi schreiben. **Mehr dazu auf dieser Seite.**

## 7.) Fazit.

Mit dem Gerät lassen sich zeitlich konstante oder langsam veränderliche Größen (Spannungen, Stromstärken, pH-Werte, Temperaturen usw.) im Physik- oder Chemieunterricht mit der Soundkarte erfassen.

Bau, Inbetriebnahme und Programmierung eines Erfassungsprogramms eignen sich vorzüglich für ein (fächerübergreifendes) Unterrichtsprojekt in der oberen Mittelstufe oder Sekundarstufe II. Auch im Rahmen eines Seminarkurses in der Oberstufe könnte ein solches Gerät entstehen. Die Realisierung in einer Arbeitsgemeinschaft ist ebenfalls denkbar.

Grüninger, Landesbildungsserver

---

[ [Startseite Messwerterfassung](#) ] [ [Übersicht Soundkarte](#) ]

---

© Landesinstitut für Schulentwicklung - Stuttgart

Titel des Dokumentes: Messung von Gleichspannungen mit der Soundkarte

URL des Dokumentes: <http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/mess/soundkarte/ufsound.htm>

Datum des Ausdruckes: 2005-12-29 - 15:41